

Tatu Soikkeli

ETÄKÄYTTÖJÄRJESTELMÄT LÄMPÖ- JA VOIMALAITOKSISSA

Vikatilanteiden tarkastelu ja parannusehdotukset

Diplomityö
Tekniikan ja luonnontieteiden tiedekunta
Henrik Tolvanen
Niko Niemelä
Marraskuu 2020

TIIVISTELMÄ

Tatu Soikkeli: Etäkäyttöjärjestelmät lämpö- ja voimalaitoksissa
Diplomityö
Tampereen yliopisto
Ympäristö- ja energiatekniikka
Marraskuu 2020

Työssä tarkasteltiin lämpö- ja voimalaitoksissa käytettäviä etäkäyttöjärjestelmiä. Työssä esitettiin mistä komponenteista nykyaikaiset etäkäyttöjärjestelmät koostuvat sekä minkälaisia teknillisiä ja lainsäädännöllisiä rajoitteita etäkäyttöjärjestelmiin liittyy. Työssä esitettiin kuvaukset erilaisista kattilatyypeistä ja kattilan lämpöpinnoista. Työssä käytiin myös läpi erilaisia polttotekniikoita. Työssä esitettiin, minkälaisia toimilaitteita voidaan ohjata laitoksessa etänä ja minkälainen yhteys pitää laitoksella olla, jotta etäyhteys olisi toimiva. Lisäksi tarkasteltiin vikatilanteita ja kuinka ne välittyvät päivystäjälle etäkäyttöjärjestelmässä.

Työssä valittiin tarkasteluun laitokset kolmelta eri paikkakunnalta, joita lähemmin tarkastelemalla selvitettiin mitkä ovat tyypillisimpiä virhe- ja vikatilanteita tarkasteltavissa laitoksissa sekä miten laitostyyppi tai polttoaine vaikuttaa virheisiin ja niiden esiintymiseen. Lisäksi tarkasteltiin laitosten rinnanajomahdollisuuksia ja minkälaisia haasteita se mahdollisesti aiheuttaa etäkäytölle.

Valituista laitoksista tarvittava tieto kerättiin haastattelututkimuksilla sekä käymällä paikan päällä tutustumassa laitosten toimintaan. Lisäksi omat työkokemukset eri laitoksilta sekä erilaiset suunnittelutehtävät lämpö- ja voimalaitoksiin auttoivat tiedon keruussa. Tarkasteltavat laitokset ja niistä saadut tiedot esitettiin ja käytiin läpi työssä. Työssä kerätyistä haastatteluvastauksista, laitosten hälytys- ja virheraporteista sekä kirjallisuudesta selvitetystä rajoitteista koostettiin vikaantuvuusmatriisi. Vikaantuvuusmatriisiin on koottu tyypillisemmät virhe- ja vikatilanteet, jotka ovat ilmenneet laitoksissa ajon aikana. Vikaantuvuusmatriisista näkee myös, missä kohtaa laitoksen ajoprosessia virhetilanne esiintyy tarkasteltavissa laitoksissa. Viimeisenä vikaantuvuusmatriisista näkee korjaus- tai parannusehdotuksen kyseiselle vikatilanteelle. Suurin osa virheistä johtui polttoaineen epätasalaatuisuudesta. Epätasalaatuisuutta pyrittiin vähentämään sopimalla tietyt kriteerit toimitettavalle polttoaineelle polttoainetoimittajien kanssa. Jos polttoaineen laatu ei ole sovituiden kriteerien sisällä, voidaan polttoainetta tai toimittajaa vaihtaa.

Työssä tehtiin kohdeanalyysi etäkäyttöjärjestelmistä ja esitettiin omia parannusehdotuksia järjestelmiin, niitä käyttäviin laitteisiin ja ohjelmistoihin. Lisäksi työssä analysoitiin yleisesti laitosten toimintaa ja kuinka laitteet ja lait ovat päivittyneet ajan myötä. Analyysissä käytiin myös läpi minkälaisia parannusehdotuksia laitoksiin ja niiden käyttöön keksittiin.

Lopussa pohdittiin myös rinnankäyttöä laitoksissa, millaisissa tilanteissa sitä tarvitaan ja onko rinnankäyttöä mahdollista parantaa. Rinnankäytön tarkastelussa otettiin huomioon, kattiloiden rinnankäytön lisäksi, erilaisten pumppujen sekä huippu- ja varateholaitosten rinnanajomahdollisuudet.

Viimeiseksi työn loppuun koottiin yhteen kaikki työssä käytetyt menetelmät ja niiden avulla saavutetut tulokset. Lisäksi lopussa esitettiin omia johtopäätöksiä ja päätelmiä saaduista tuloksista ja siitä, kuinka hyvin työn toteutus onnistui.

Avainsanat: Etäkäyttöjärjestelmä, voimalaitos, lämpölaitos, vikatarkastelu, vikaantuvuusmatriisi, kaukolämpö, valokuitu, langaton verkkoyhteys

ABSTRACT

Tatu Soikkeli: Remote operating systems in heat and power plants
Master's thesis
Tampere University
Environment and energy technology
November 2020

The thesis examined remote operating systems used in heat and power plants. Thesis presented the components of the modern remote operating systems and the technical and legal constraints associated with remote operating systems. Thesis presented descriptions of different boiler types and boiler heating surfaces. Various combustion techniques were also presented in thesis. Thesis presented what kind of actuators can be controlled remotely in the plant and what kind of connection the plant must have for remote connection to work. In addition, fault situations and how they are transmitted to the person on call in remote operating systems were examined.

Plants from three different locations were selected for the study. The plants were examined in more detail to find out what are the most typical error and fault situations and how the plant type or fuel affects the errors and their occurrence. In addition, the possibilities for parallel operating of the facilities were studied and the possible challenges it poses for remote operation.

The needed information about selected plants was collected through interview surveys and on-site visits to get acquainted with the activities of the plants. In addition, own work experience from different plants and various design tasks for different heat and power plants helped to collect the data. The examined plants and the information obtained from them were presented and reviewed in the thesis. Fault matrix was compiled from the interview responses, the alert and error reports of the plants and the limitations elucidated from literature. The fault matrix summarizes the most typical fault and failure situations that have occurred in the plants during operation. The fault matrix also shows where in the running process the failure was encountered. Last in the fault matrix, a correction or improvement proposal is presented for the fault situation in question. Most of the errors were caused by inconsistent quality in fuel. Efforts were made to reduce the inconsistent quality by agreeing certain criteria for the fuel supplied with the fuel suppliers. If the quality of the fuel is not within the agreed criteria, fuel or the supplier can be replaced.

Thesis included site analysis of remote operating systems, which presented own suggestions for improvements to the systems, hardware and software that use them. Thesis generally analyzed the operation of the plants and how the equipment and laws have been updated over time. Analysis also included suggestions for improvement in plants and their use.

At the end, there was also consideration of parallel use in plants, in what kind of situations it is needed and whether it is possible to improve parallel use. The examination of parallel use considered, in addition to boiler parallel use, the parallel use possibilities of various pumps and peak and backup power plants.

Finally, at the end of thesis, all the methods used in the work and the results achieved by them were compiled. In addition, at the end, own conclusions were presented about the results obtained and how successful the execution of thesis was.

Keywords: remote operating system, power plant, heating plant, fault inspection, fault matrix, district heating, optical fibre, wireless connection

ALKUSANAT

Tässä sitä ollaan, viimeistelemässä elämäni tämänhetkisesti tärkeintä dokumentointia. Muutama vuosi sitten tämä tuntui vielä kaukaiselta haaveelta. Lukion aikana kiinnostuksen kohteet jatko-opiskelusta vaihtuivat useaan kertaan. Suoritin lukion kumminkin kunnialla loppuun ja päätin pistää hakupaperit Tampereen teknilliseen yliopistoon energiatekniikan opintolinjalle. En kuitenkaan päässyt energiatekniikan puolelle sisään vaan pääsin toisena vaihtoehtona olleeseen tietotekniikan opintolinjalle.

Opinnot lähtivät hyvin käyntiin, mutta kandintyön lähestyessä ja ammattiaineita selatesani, minulle tuli olo, että tämä ei ole se ala, jota haluan opiskella. Rupesin tutkimaan keinoja, kuinka pystyisin vaihtamaan energiatekniikan puolelle. Siirto lopulta onnistui, mutta oli siinä omat haasteensa. Opinnot energiatekniikan puolella etenivät mukavasti ja opiskelun aikana sain uusia ystäviä niin opiskelutovereista kuin muutamista luennoitsijoistakin. Nyt valmistumisen kynnyksellä, täytyy sanoa, että vaihto energiatekniikan puolelle on ollut yksi parhaimmista päätöksistäni, jota en kadu hetkeäkään.

Nyt on kiitosten aika. Tahtoisin suuresti kiittää Jämsän Aluelämpö Oy:tä ja Kauhavan Kaukolämpö Oy:tä toimittamistaan materiaaleista ja kuvista diplomityötäni varten. Haluan myös kiittää suuresti Laatukattila Oy:tä ja Kauhavan Kaukolämpö Oy:tä sponsoroinnista työhöni. Suuri kiitos kuuluu myös Jämsän Aluelämpö Oy:lle, UPM Kaipolan tehtaan voimalaitokselle ja insinööritoimisto ProCadme Team Oy:lle, jotka ovat tarjonneet minulle töitä useampana vuonna ja tarjonneet upeita kokemuksia erilaisten työtehtävien parissa. Tahdon myös kiittää diplomityöni tarkastajaa ja ohjaajaa yliopistonlehtori Henrik Tolvasta neuvoista ja avuista työn eri vaiheissa. Suuri kiitos myös vanhemmilleni, jotka ovat tukeneet minua koko opiskelun ajan ja auttaneet tiukemmissa paikoissa.

Jämsässä, 2.11.2020

Tatu Soikkeli

SISÄLLYSLUETTELO

1. JOHDANTO	1
2. LÄMPÖ- JA VOIMALAITOSTEN RAKENNE JA TOIMINTA	4
2.1 Kattilatyytit	4
2.2 Kattilan lämpöpinnat.....	7
2.3 Polttotekniikat.....	9
2.4 Etäkäyttöjärjestelmä osana laitoksen toimintaa	15
3. ETÄKÄYTTÖJÄRJESTELMIEN TOIMINTA JA RAJOITTEET	17
3.1 Yhteys.....	18
3.2 Toimilaitteet	19
3.3 Rinnakkaiskäyttö	21
3.4 Vikatilanteet	22
3.5 Lainsäädäntö	24
4. AINEISTO JA MENETELMÄT	34
4.1 Tutkimuksen eteneminen	34
4.2 Kohteiden kuvaus	35
4.3 Haastattelututkimukset ja tiedon keruu.....	41
5. TULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU	43
5.1 Etäkäyttöjärjestelmien kohdeanalyysi ja parannusehdotukset	43
5.2 Rinnakkaiskäyttö	44
5.3 Vikaantuvuusmatriisi	45
5.4 Yleinen analyysi	48
6. JOHTOPÄÄTÖKSET	50
LÄHTEET	52
LIITE A: HALLIN 4 MW LÄMPÖLAITOKSEN HÄLYTYKSET 1 VUOSI	54
LIITE B: HALLIN 7 MW LÄMPÖLAITOKSEN HÄLYTYKSET 1 VUOSI.....	55
LIITE C: PIETILÄN KEVYEN POLTTOÖLJYN LÄMPÖLAITOKSEN HÄLYTYKSET 1 VUOSI.....	56
LIITE D: HAASTATTELUTUTKIMUSRUNKO.....	57

KUVALUETTELO

Kuva 1.	<i>Kattilatyyppejen vesihöyrypiirit</i>	<i>5</i>
Kuva 2.	<i>Kattilan lämpöpinnat [muokattu kohteesta 1].....</i>	<i>7</i>
Kuva 3.	<i>Periaatekuvat eri polttotekniikoista [muokattu kohteesta 7]</i>	<i>9</i>
Kuva 4.	<i>Esimerkki etäkäyttöjärjestelmän kokoonpanosta</i>	<i>18</i>
Kuva 5.	<i>Venttiileiden sisäisiä ominaiskäyriä [15]</i>	<i>20</i>
Kuva 6.	<i>Esimerkki voimalaitoksissa käytettävistä pumpuista [10].....</i>	<i>20</i>
Kuva 7.	<i>Röntgengeneraattorin ja röntgenputken rakenne [14].....</i>	<i>26</i>
Kuva 8.	<i>Tutkimuksen etenemissuunnitelma</i>	<i>34</i>
Kuva 9.	<i>Jämsän kevyen polttoöljyn kattilat [5]</i>	<i>36</i>
Kuva 10.	<i>7 MW arinakattila, Halli [5].....</i>	<i>37</i>
Kuva 11.	<i>4 MW kaasutuskattila, Halli, näkymä valvomon kaukovalvonnan päätteeltä [5]</i>	<i>38</i>
Kuva 12.	<i>Kaaviokuva 4MW kaasutuskattilasta [17]</i>	<i>38</i>
Kuva 13.	<i>Hallin ja Jämsän laitosten etäkäyttöjärjestelmä [5]</i>	<i>39</i>
Kuva 14.	<i>Esimerkki TLJ-lukituspiiristä [5].....</i>	<i>40</i>
Kuva 15.	<i>Pyörivä kekoarina, joka on myös käytössä Kauhavan KPA- laitoksessa [4]</i>	<i>41</i>

LYHENTEET JA MERKINNÄT

bar	baari
cm	senttimetri
EKO	Ekonomaiser, veden esilämmitin
FIR	Far Infrared, kaukoinfrapuna
g	gramma
KPA	Kiinteä polttoaine
LTO	Lämmön talteenotto
LUVO	Luftvorwärmer, ilman esilämmitin
MIR	Middle Infrared, keski-infrapuna
mm	millimetri
MW	Megawatti
NIR	Near Infrared, lähi- infrapuna
PLC	Programmable logic controller, ohjelmoitava logiikka
TLJ	Turvallisuuteen liittyvä järjestelmä
UPS	Uninterruptible Power Supply, keskeytymätön virransyöttö
VPN	Virtual Private Network, virtuaalinen erillisverkko

1. JOHDANTO

Automaatio ja verkkoyhteydet ovat kehittyneet runsaasti viimeisin 30 vuoden aikana. Ne asiat mitkä jouduttiin ennen tekemään manuaalisesti, voidaan nyt hoitaa automaatiota käyttäen. Kehittyneen automaatiosuunnittelun ja vakiintuneiden nopeiden kuituyhteyksien ansiosta yhä useampi lämpö- ja voimalaitos on pystytty paremmin automatisoimaan ja ohjaamaan etäältä. Muun muassa Suomen automaatioseura ry julkaisee prosessiautomaatiosta ja muista automaatioon liittyvistä asioista käsitteleviä kirjoja ja artikkeleja, joita voi hyödyntää laitosten automaatiosuunnittelussa.

Tikkurilassa sijaitseva käyttökeskus etäohjaa ja valvoo useampaa voimalaa ja lämpölaitosta ympäri Suomea. Suomessa Vapo on ollut yksi aktiivimmisista etäkäyttöjärjestelmien kehittäjistä. Vapo on kehittänyt omaa etäkäyttöjärjestelmäänsä useamman vuoden ajan ja pystyy nyt tarjoamaan etäkäyttöpalveluja asiakkailleen. Vapon tarjoama palvelu mahdollistaa nykyään myös pienempien laitosten käytön etänä. Tarkoituksena on , että Vapo valvoo laitoksia etänä Tikkurilan käyttökeskuksesta ja laitoksen henkilökunta toimii viimeisenä varmistuksena ja ryhtyy tarvittaessa toimenpiteisiin virhetilanteiden ilmetessä. Etäkäyttöön siirtyminen on vapauttanut henkilöstäresursseja laitoksissa ja tämä on parantanut myös laitosten suorituskykyä ja kustannustehokkuutta. [8,9]

Tämän työn tarkoituksena on tutkia pienempien, alle 20 MW:n lämpö- ja voimalaitoksissa käytettäviä etäkäyttöjärjestelmiä ja niissä esiintyviä virhe- ja vikatilanteita. Työssä tutkitaan mistä komponenteista etäkäyttöjärjestelmä koostuu ja mitkä ovat edellytyksiä, että laitosta voidaan ohjata etänä. Työssä tutkitaan myös missä tilanteissa laitoksissa tarvitaan rinnankäyttöä ja minkälaisia haasteita se aiheuttaa etäkäytölle.

Työssä haetaan vastauksia seuraaviin tutkimuskysymyksiin:

1. Mistä komponenteista lämpö- ja voimalaitosten etäkäyttöjärjestelmät nykyään koostuvat?
2. Mitkä ovat etäkäyttöjärjestelmien rajoitteet (tekniset ja lainsäädännölliset)?
3. Mitkä ovat tutkituissa laitoksissa yleisimmät vikatilanteet (onko eroja laitostyyppien/polttoaineiden välillä)
4. Miten tutkituissa kohteissa voitaisiin parantaa etäkäyttöjärjestelmiä ja voidaanko vikaantuvuutta pienentää
5. Minkälaisissa tilanteissa tarkasteltavissa laitoksissa tarvitaan rinnakkaiskäyttöä ja mitä haasteita se aiheuttaa etäkäytölle?

Ensimmäisenä työssä tulee johdanto, jossa esitetään työssä käsiteltävä ongelma ja miten aihetta on tutkittu muualla. Johdannossa tuodaan esille mitä oma työ käsittelee ja mitä uutta se tarjoaa tutkittavaan aiheeseen. Lisäksi tutkimuskysymykset ja työn rakenne käydään läpi johdannossa. Seuraavaksi työssä tulee teoriaa käsittelevät luvut. Luvussa kaksi käsitellään lämpö- ja voimalaitosten rakennetta ja toimintaa ja luvun lopussa käydään läpi kriteerejä, joita laitosten etäkäyttöjärjestelmä vaatii. Luvussa kaksi esitellään erilaisia kattilatyyppejä, kattilassa olevia lämpöpintoja sekä laitoksissa käytettäviä erilaisia polttotekniikoita. Luvussa kolme käydään läpi etäkäyttöjärjestelmän toimintaa ja rajoitteita. Luvussa esitetään tarkemmin laitosten rinnanajomahdollisuuksia ja kuinka rinnanajo on toteutettu, tutkitaan laitoksissa esiintyviä vikatilanteita sekä lainsäädännöllisiä rajoitteita laitokselle, siinä käytettävälle polttoaineelle sekä etäkäytölle.

Teorialukujen jälkeen luvussa neljä esitetään työssä käytettävä aineisto ja tutkintamenetelmät. Luvussa esitetään, kuinka työn on tarkoitus edetä ja mitä saadaan lopputulokseksi. Luvussa myös käydään tarkemmin läpi tarkasteluun valitut laitokset, niiden toiminta ja etäkäyttöjärjestelmän kokoonpano.

Luvussa viisi esitetään ja käydään läpi tutkimuksessa saadut tulokset. Luvussa esitetään laitosten virhetilastoista ja teoria aineistoista koottu vikaantuvuusmatriisi, jossa näkyy yleisimmät virhe- ja vikatilanteet, niiden esiintymispaikka prosessissa sekä parannusehdotus virhetilanteelle. Luvussa esitetään etäkäyttöjärjestelmien kohdeanalyysi ja esitetään parannusehdotuksia järjestelmään. Lopuksi luvussa esitetään yleistä analyysiä laitoksista, niiden toiminnasta ja niissä käytettävistä järjestelmistä.

Lopuksi lukuun kuusi kerätään edellisistä luvuista tärkeimmät esitetyt asiat ja summataan mitä työssä tehtiin, mitä työssä saatiin lopputukseksi ja miten lopputuloksiin päästiin. Luvussa esitetään tärkeimmät havainnot ja oivallukset, jotka ilmenivät työn teon aikana. Lisäksi luvussa pohdittiin kuinka hyvin työn teko onnistui.

2. LÄMPÖ- JA VOIMALAITOSTEN RAKENNE JA TOIMINTA

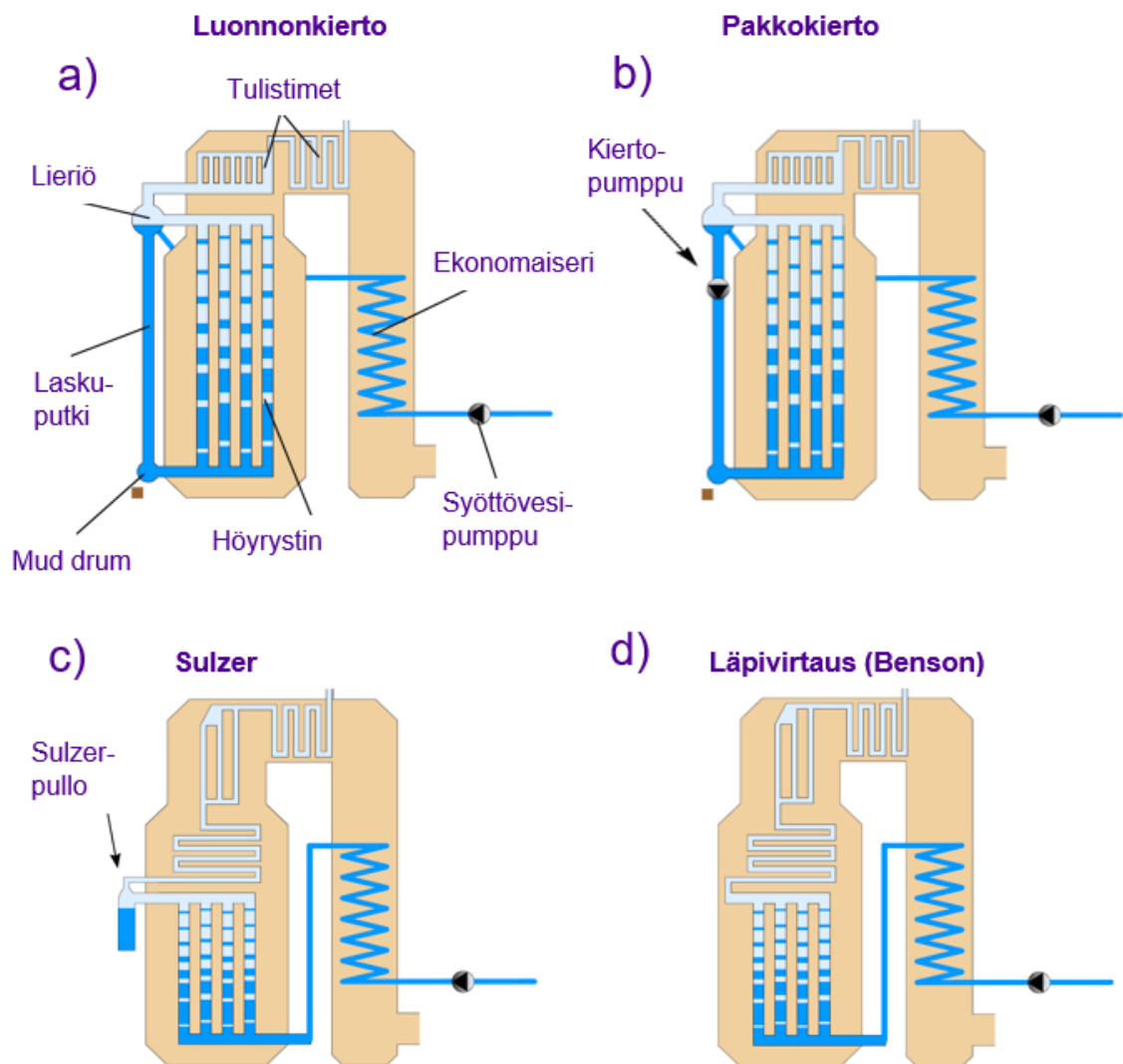
Työssä tarkastellaan pienempiä, maksimissaan 20 MW:n polttolaitoksia. Lämpölaitoksella tai lämpökeskuksella tarkoitetaan pelkästään lämpöä tuottavia laitoksia, joissa ei ole ollenkaan sähkön tuotantoa. Laitoksessa tuotettu lämpö siirretään joko veteen tai höyryyn. Laitoksessa tuotetaan lämpöä höyrykattilalla sekä kaukolämmitykseen että teollisuuden tarpeisiin. Lämpölaitoksissa polttoaineen sisältämästä energiasta saadaan siirrettyä veteen tai höyryyn noin 85–93 %. Laitoksen hyötysuhde riippuu poltettavasta polttoaineesta, polttotavasta, kattilan mitoituksesta sekä ajotavasta. Suurin häviö lämpölaitoksessa on savukaasuhäviö, joka riippuu savukaasun happipitoisuudesta sekä lopulämpötilasta. Lämpökeskuksen tyypillisimpiä pääpolttoaineita ovat maakaasu, puu, turve sekä kevyt polttoöljy. Suurin osa lämpölaitoksissa käytettävistä kaukolämpökattiloista ovat jaksottaisesti tai jatkuvasti valvottuja kuumavesikattiloita, joissa veden lämpötilan on tyypillisesti alla 120 °C. [4]

Voimalaitoksella tai voimalalla tarkoitetaan sähköntuotantoon teollisessa mittakaavassa käytettävää laitosta. Tyypillisessä voimalaitoskonstruktiossa, paineistettua vettä höyrystetään poltetusta polttoaineesta saatavan lämmön avulla ja mahdollisesti myös tulistetaan tarvittaessa. Tulistettu höyry siirretään turbiiniin, jossa höyryn entalpia muunnetaan turbiinin pyörimisenergiaksi. Turbiini pyörittää generaattoria, joka synnyttää sähkövirran, joka sen jälkeen ohjataan sähköverkon kautta asiakkaille. [4]

2.1 Kattilatyypit

Höyrykattiloiden käyttöpaine vaihtelee nykyisin käyttösovellutuksen mukaan 1 bar:n ja 240 bar:n välillä ja paineesta riippuen vesihöyrypiireissä käytetään erityyppisiä ratkaisuja. Kattilat voidaan jakaa suurvesitilakattiloihin ja vesiputkikattiloihin niiden rakenteen mukaan. Suurvesikattiloissa vesi höyrystyy putkien ulkopuolella ja vesiputkikattiloissa putkien sisäpuolella. Voimalaitoskattilat ovat yleensä vesiputkikattiloita, koska laitoissa käytettäviin korkeisiin paineisiin vesiputkikattila-rakenne soveltuu paremmin. Suurvesitilakattiloita käytetään, kun höyryä ei tarvita paljon, jolloin sähköntuotanto ei näin ollen ole kannattavaa. Vesiputkikattilat voidaan vielä jaotella luonnonkierto-, pakkokierto- ja läpivirtauskattiloihin. Luonnonkiertokattiloissa veden ja höyryn tiheysero liikuttaa vettä ja höyryä tulipesää ympäröivissä putkissa. pakkokierto- ja läpivirtauskattiloissa pumpun muodostama paine kierrättää vettä ja höyryä. [1]

Kattilan keskeisimmät osat ovat vedenesilämmitin, lieriö, höyrystin ja tulistin. Kattilaan syötettävä vesi pumpataan syöttövesipumpun avulla syöttövesisäiliöstä tai muusta vesilähteestä ja sen jälkeen se ohjataan syöttöveden esilämmittimeen eli ekonomaiseriin. Ekonomaiseri parantaa kattilan hyötysuhdetta ja laskee samalla savukaasujen lämpötilaa. Ekonomaiseriin lämmitetty vesi siirtyy lieriöön. Lieriössä erotetaan toisistaan kattilan höyrystinputkissa muodostunut kylläisen veden ja vesihöyryn seos, jonka jälkeen eroteltu höyry siirtyy lieriön yläosaan ja jatkaa matkaansa sieltä tulistimille. [1] Kuvassa yksi on esitettyinä eri kattilatyyppejen vesihöyrypiirit.



Kuva 1. Kattilatyyppejen vesihöyrypiirit

Luonnonkiertokattilassa höyrystymätön vesi ja syöttövesi siirtyvät lieriön laskuputkea pitkin takaisin kiertoon tulipesää ympäröivien höyrystinputkien alapäähän ja siitä seos palaa takaisin lieriöön. Laskuputkesta ja höyrystinputkistosta muodostuvasta yhtenäisessä putkistossa osa kiertävästä vedestä saadaan höyrystymään tulipesässä vapautuneen lämmön avulla. Luonnonkiertokattilassa höyrystinputkessa oleva veden ja höyryn seos

nousee ylöspäin lieriöön, koska laskuputkessa oleva kylläinen vesi on raskaampaa ja laskee alaspäin, tällä tavalla saadaan synnitettyä luonnollinen kierto vesihöyrypiirissä. Luonnonkiertokattiloissa ei tarvita erillistä pumppua, mikä vähentää laitoksen omaa käyttötehon tarvetta. Koska veden ja höyryn tiheysero pienenee painetta kasvatettaessa, niin luonnonkierot kattilat soveltuvat huonosti korkeille höyrynpaineille. Tulistimesta tulevan tuorehöyryn paine pitää olla alle 170 bar:a, jotta luonnonkierto toimisi. Kuvan 1 kohdassa a on esitelty luonnonkiertokattilan vesihöyrypiiri. [1]

Pakkokiertokattilassa syöttövesipumpun avulla syötetään vesi esilämmittimen kautta lieriöön samalla lailla kuten luonnonkiertokattilassakin, lieriöstä vesi pumpataan pakkokierto-pumppujen avulla höyrystimeen. Pumpun tuottaman paineen avulla saadaan veden ja vesihöyryn seos virtaamaan takaisin lieriöön. Höyry siirtyy lieriöstä tulistimiin samalla lailla kuten luonnonkiertokattilassakin. Pakkokierto-pumppu sijoitetaan useita metrejä lieriön alapuolelle, tällä lailla saadaan estettyä, ettei lieriöstä tuleva kylläinen vesi rupea höyrystymään eli kavitoimaan pumpussa. [1]

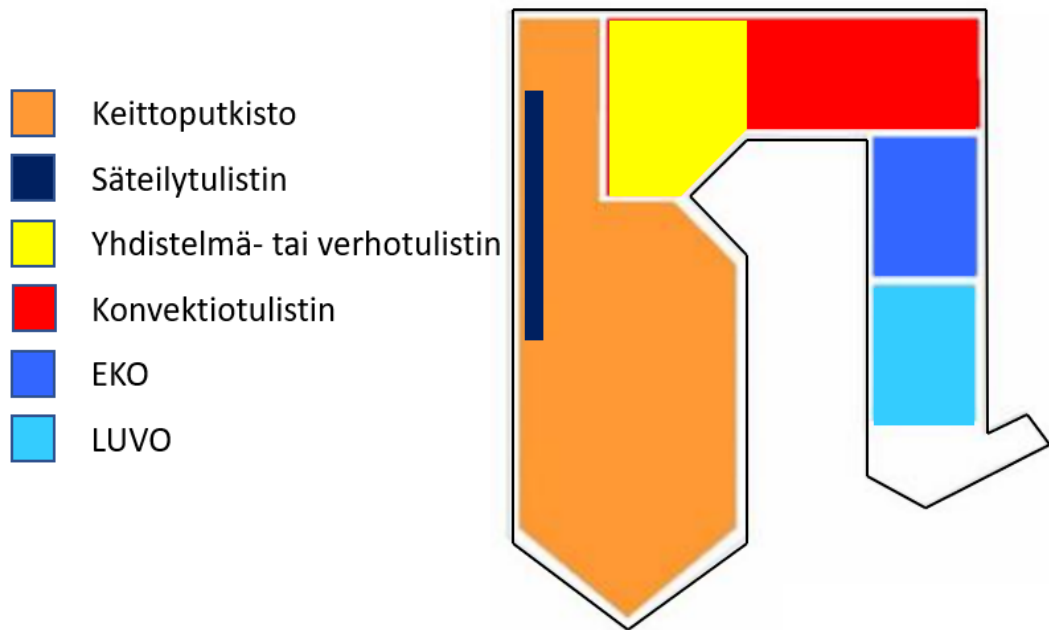
Pakkokiertokattilat sopivat hieman korkeammille höyrynpaineille kuin luonnonkiertokattilat, mutta paineen pitää olla alle kriittisen rajan (221 bar), jotta veden ja höyryn tiheysero saadaan ylläpidettyä. Pakkokiertokattilan höyrystinputkisto voidaan toimintaperiaatteen ansiosta rakentaa mihin tahansa asentoon ja se voidaan mitoittaa luonnonkiertokattilan putkistoa suurempiin painehäviöihin. Kuvan 1 kohdassa b on esitetty pakkokiertokattilan vesihöyrypiiri. [1]

Kun luonnonkierto ei enää toimi (paine >160 bar), käytetään läpivirtauskattiloita. Läpivirtauskattiloissa ei ole lieriötä tai kattilan sisäistä kiertoa. Läpivirtauskattiloita käytetään, kun paineet ovat korkeita ja veden ja höyryn tiheydet ovat lähellä toisiaan, koska niissä vettä ja höyryä ei erotella toisistaan tiheyseron perusteella kuten luonnonkiertokattiloissa. Läpivirtauskattiloita on kolmea eri tyyppiä ja ne on nimetty kehittäjiensä mukaan Sulzer-, Benson- ja Ramsin-kattiloiksi. Kuvan 1 kohdassa d on esitetty Benson-kattilan vesihöyrypiiri. Kuvan 1 kohdassa c on esitetty Sulzer-kattilan vesihöyrypiiri, jossa käytössä on valmistajansa mukaan nimetty Sulzer-pullo, jonka kautta vesi kierrätetään vesihöyrypiirissä.[2]

Läpivirtauskattilat voidaan jaotella myös höyrystymispisteen mukaan, Sulzer-kattiloissa höyrystymispiste on kiinteä, kun Benson-kattiloissa se vaihtelee kuorman mukaan. Läpivirtauskattiloissa pitää käyttää puhtaampaa syöttövettä kuin lieriökattiloissa, koska niistä puuttuu ulospuhallus epäpuhtauksien poistamiseksi ja kaikki vesi höyrystyy putkistossa. Läpivirtauskattilat soveltuvat myös ylikriittisiin paineisiin (paine >221 bar), sillä niissä ei eroteltu vettä ja höyryä.[1]

2.2 Kattilan lämpöpinnat

Kattilan lämpöpintoihin kuuluvat tulistimet, veden esilämmitin eli EKO (Ekonomaiser) ja ilman esilämmitin eli LUVO (Luftvorwärmer). Kuvassa 2 on esitetty kaaviokuva kattilan lämpöpinnoista ja kuinka ne sijoittuvat höyrykattilassa.



Kuva 2. Kattilan lämpöpinnat [muokattu kohteesta 1]

Kaikissa nykyaikaisissa voimalaitoksissa on aina tulistimet. Mitä kuumempaa höyry saadaan johdettua turbiiniin, sitä enemmän liike-energiaa höyryturbiinista saadaan ulos. Tulistuslämpötilat voivat olla maksimissaan noin 550 °C materiaalien rajoitusten takia. Tulistimet sijaitsevat tulipesän yläosassa, koska siellä savukaasut ovat tarpeeksi kuumia, jotta halutut tulistuslämpötilat pystytään saavuttamaan. Höyryä, joka on jo mennyt höyryturbiinin lävitse, voidaan johtaa takaisin kattilaan uudelleen tulistettavaksi. Kattilaan uudelleen ohjattu höyry tulistetaan alhaisemmassa paineessa. Tätä tekniikkaa kutsutaan välitulistukseksi. Vaikka välitulistimien asentaminen tehostaa höyryturbiinin sähköntuotantoa, niin se on kannattavaa vasta suuremmissa voimalaitoksissa. Tulistimet voidaan jakaa sijoitustavan mukaan säteily-, verho-, konvektio- ja yhdistelmätulistimiin. Eroina tulistimissa on käytännössä se, miten lämpöenergia siirtyy niihin.[1]

Säteilytulistimiin siirtyy lämpöenergiaa pääosin liekeistä säteilemällä ja ne on sijoitettu tulipesän yläosaan. Säteilytulistimen lämmönsiirtoputkiston jäähdytys on tärkeää, sillä lämpö siirtyy putkistoon säteilynä ja lämpöä voi virrata tulistimeen nopeasti. Hiilen, turpeen ja muiden pahasti likaavien polttoaineiden kanssa käytetään yleensä verhotulistimia. Verhotulistimet toimivat kuin säteilytulistimet, mutta niiden lisäominaisuutena on

suojata jäljempänä olevia tulistimia savukaasuissa esiintyviltä epäpuhtauksilta. Yleisimpänä tulistintyyppinä pidetään kuitenkin konvektiotulistinta. Konvektiotulistinta ei saa sijoittaa suoraan liekkien säteilyyn vaan se sijoitetaan tulipesän jälkeen syvemmälle savukaasukanavaan. Yhdistelmätulistimessa osa tulistimen putkista toimii säteilytulistimena ja osa konvektiotulistimena. Yhdistelmätulistimissa ulkopuolinen osa putkista on kosketuksissa liekeistä tulevan säteilyn kanssa ja sisäpuolinen osa putkista on kosketuksissa savukaasujen kanssa, sillä putkiseinämät ovat niin tiheät. [1]

Tulistin koostuu ryhmästä erilaisia tulistimia, jotka muodostuvat jakokammioista lähtevistä putkista. Tyypillisesti rakenteeltaan tulistin on kasa teräsputkia, jotka on kiinnitetty roikkumaan tulipesän katosta. Nykyään tulistimet ripustetaan kiinni tulipesän ulkopuolelta, sillä tämä tapa on kestävämpi kuin tulipesän sisäpuolelle kannattimien kanssa ripustaminen. Kuvasta 2 näkee kuinka eri tulistimet sijoittuvat höyrykattilassa. [1]

Tulistimien jälkeen savukaasujen lämpötilat ovat korkeat ja syöttöveden esilämmitin eli ekonomaiser on sijoitettu kattilan savukaasukanavaan parantamaan hyötysuhdetta. Rakenteeltaan esilämmittimet ovat korkeussuunnassa taivutettuja putkia, jotka on pinottu päällekkäin. Putket rivoitetaan, jotta saadaan mahdollisimman suuri lämmönsiirtopinta-ala. Suurempi lämmönsiirtopinta-ala tarkoittaa sitä, että ekonomaiser kerää enemmän lämpöenergiaa savukaasuista. Syöttöveden esilämmittimen tehtävänä on lämmittää kattilaan syötettävää vettä lähemmäksi veden höyrystyslämpötilaa. Syöttöveden esilämmittimet voidaan jakaa toimintatapansa mukaan höyrystymättömiin ja höyrystyviin esilämmittäjiin. [1]

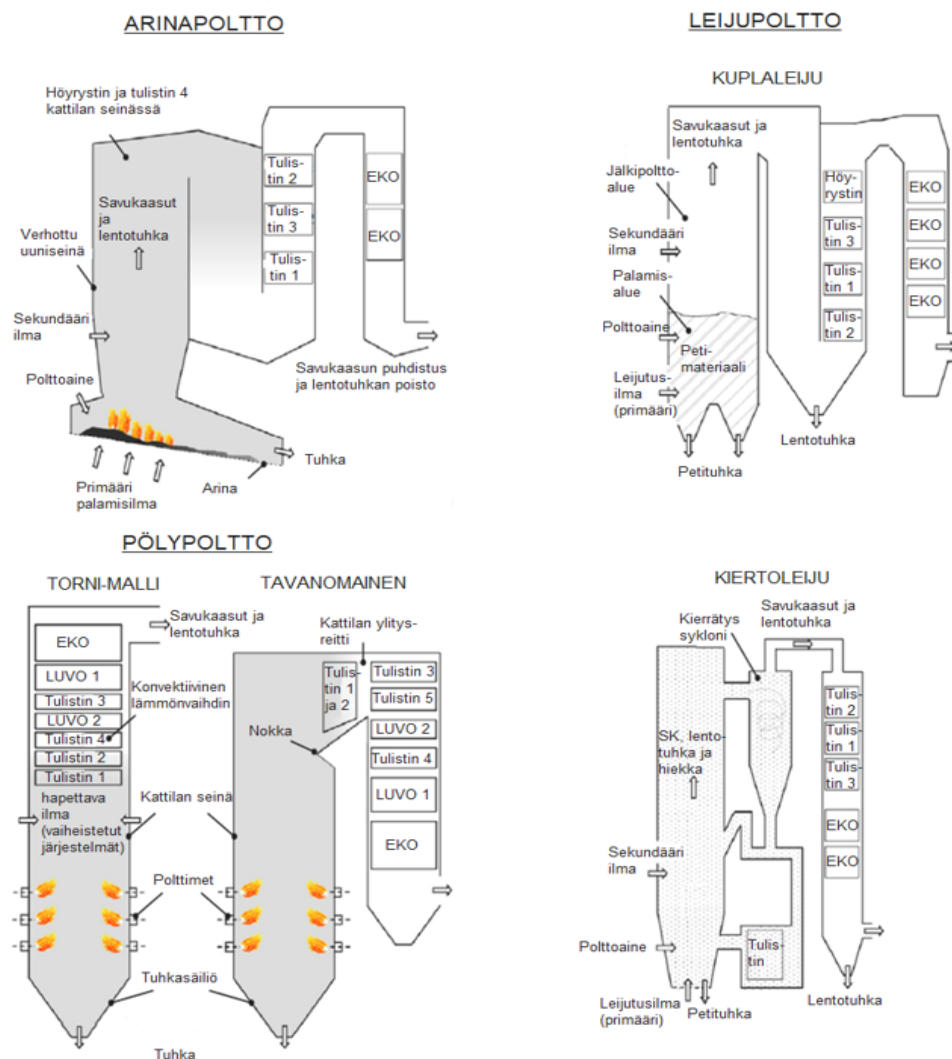
Höyrystymättömissä esilämmittimissä veden lämpötilan pitää olla 20 °C alhaisempi kiehumispistettä. Höyrystyvissä esilämmittimissä osa syöttövedestä höyrystyy vasta loppuvaiheessa, kun se on saavuttanut kiehumislämpötilansa. Syöttövettä lämmittämällä voidaan parantaa sähköntuotannon hyötysuhdetta ja isommissa voimalaitoksissa vesi voidaan lämmittää kuumemmaksi ja useammassa vaiheessa. Esilämmittimeen tulevan veden lämpötila on 100–250 °C ja sillä saadaan savukaasujen lämpötila laskettua 250–450 °C. [1]

Polttoaineesta ja polttotavasta riippuen palamisilman lämpötila on 100–400 °C. Ilmanesi-lämmitin sijoitetaan viimeiseksi lämmönsiirtimeksi kattilassa ekonomaiserin jälkeen savukaasujen kiertosuuntaan nähden. Ilman esilämmityksellä vähennetään polttoaineen kosteutta ja näin ollen tehostetaan polttoaineen syttymistä ja nopeutetaan palamista. Voimalaitoskattiloissa palamisilmaa esilämmitetään aina stabiiliuden varmistamiseksi, vaikka polttoaine olisikin jo helposti syttyvää. Palamisilman esilämmityksen tärkeys ko-

rotuu polttoaineen kosteusprosentin ja epähomogeenisuuden kasvaessa. Ilman esilämmitin on viimeinen lämmönsiirrin savukaasukanavassa. Polttoaineesta riippuen, savukaasujen lämpötila ilman esilämmittimen jälkeen pyritään pitämään 100–150 asteessa. [1]

2.3 Polttotekniikat

Kuvassa 3 on esiteltynä tyypillisimmät polttotekniikat, joita käytetään lämpö- ja voimalaitoksissa.



Kuva 3. Periaatekuvat eri polttotekniikoista [muokattu kohteesta 7]

Arinapoltto on yksi vanhimmista kiinteille polttoaineille kehitetyistä höyrykattiloiden polttotavoista ja siitä on kehitetty useita eritehoisia ja erityyppisten polttoaineiden polttoon soveltuvia ratkaisuja. Polttoaine murskataan tarvittaessa sellaiseen muotoon, että se so- pii polttoon. Murskauksen jälkeen polttoaine levitetään paikallaan pysyväälle tai liikkuvalla arinalla. Teollisuudesta syntyvän jätelietteen polttoon arinat eivät sovi, koska lietteessä

on liian suuri tuhkapitoisuus. Nykyään arinakattiloita rakennetaan vain alle 10 MW:n laitoihin, koska leijukerroskattilat ovat yleistyneet ja valloittaneet alaa arina- ja pölypoltto-kattiloilta. [1]

Arinapolttoon kuuluu kolme vyöhykettä, jotka ovat polttoaineen lämmitys- ja kuivausvyöhyke, kaasuuntuvan polttoaineen vyöhyke sekä kiinteän polttoaineen palamisvyöhyke. Lämmitys- ja kuivausalueella polttoaine kuivuu ja lämpenee syttymislämpötilaansa. Energiankulutus on sitä suurempi, mitä kosteampaa polttoaine on. Prosessin hallinnan suhteen polttoaineen tasalaatuisuus on merkittävää arinapoltossa. Kuivaus- ja lämmitys-vyöhykkeen jälkeen polttoaine alkaa kaasuuntua. Polttoaineen lämpötila jatkaa nousuaan ja rupeaa palamaan. Kaasuuntuvien komponenttien syttyessä palamaan, niistä vapautuva lämpö sytyttää lopun kiinteämmän polttoaineen palamaan palamisalueella. [1]

Kiinteät taso-, viisto- ja porrassarinat sopivat pienitehoisiin kattiloihin. Isommissa kattiloissa käytetään Mekaanisia arinoita, automaattista polttoaineen syöttöä sekä tuhkanpoistoa. Yksinkertaisin arinaratkaisu on kiinteä tasoarina. Kiinteä tasoarina koostuu arinasauvoista, joiden väliin jäävistä raoista ilmaa virtaa arinan läpi polttoainekerrokseen. Painovoiman avustuksella polttoaine saadaan liikkumaan tulipesän viisto- tai porrassarinoissa, jotka ovat tyypillisesti 30–50 asteen kulmassa vaakatasosta polttoaineesta ja sen juoksevuudesta riippuen. Tätä arinamallia käytetään yleisesti puun ja puujätteen poltossa. Polttoaine valuu syöttösiilosta omavaraisesti arinalle sitä mukaa, kun arina tyhjenee. [1]

Mekaaninen ketjuarina on tarkoitettu erityisesti hiilen polttoon. Kahden ketjun väliin on kiinnitettynä arinaraudat, joiden tarkoituksena on tuoda polttoaine tasaisen paksuna mattona tulipesään. Ketjun saapuessa kääntötelan luo, tippuvat palanut polttoaine, tuhka ja kuona kuonasuppiloon. Primääri-ilma eli ilma, joka puhalletaan arinan läpi, tuodaan arinan alle useita ilmanjakokanavia pitkin ja säätöpellit säätävät eri kohtiin johdettavan palamisilman määrää polttoaineen tai osakuormien mukaan. Sekundääri-ilmaa puhalletaan liekkeihin arinan yläpuolella tarpeen mukaan. [1]

Mekaaninen viistoarina on tarkoitettu kosteiden polttoaineiden, esimerkiksi turpeen tai puun polttoon ja se on rakennettu vähemmän kaltevaksi kuin kiinteät arinamallit. Polttoainepatja saadaan liikkumaan arinarautoja liikuttamalla ja rautojen tärinällä. Yhdyskuntajätettä tai muuta huonolaatuista ja epähomogeenista polttoainetta poltettaessa pystytään käyttämään valssiarinaa. Valssiarina koostuu sylinterinmuotoisista valsseista, jotka pyörivät. Valssien pyörimisliike auttaa polttoainetta sekoittumaan, mikä edesauttaa polttoaineen palamista. Kuvan kolme vasemmassa yläreunassa on kuvattuna arinapolton peruseräite. [1] Taulukkoon 1 on listattuna arinapolton etuja ja haittoja.

Taulukko 1. Arinapolton edut ja haitat [4]

Arinapolton edut	Arinapolton haitat
<ul style="list-style-type: none"> • mahdollisuus polttaa polttoainetta suurikokoisina partikkeleina • alhainen omakäytön tarve. 	<ul style="list-style-type: none"> • korkea ilmakerroin • huono säädettävyyys • herkkyys polttoaineen laadulle • suuri palamattomien määrä • liikkuvien arinautojen huollon tarve.

Leijukerrospoltoilla on mahdollista polttaa eri polttoaineita samassa kattilassa hyvällä palamishyötysuhteella. Leijukerrospoltoissa palamislämpötila on alhainen (800–900 °C), koska tämä pienentää typenoksidipäästöjä. Myös rikin puhdistus leijukerrospoltoissa on edullista ja se onnistuu, kun syötetään kalkkia suoraan tulipesään. Kattilan pohjaan on sijoitettu suuttimia, joista puhallettavan ilman avulla saadaan kattilassa oleva hiekka leijumaan kattilan pohjalla (tästä nimitys leijupeti) ja tällä hiekkapedillä polttoaineen on tarkoitus palaa. Jos ilman puhallus suuttimista on liian voimakasta, voi se viedä hiekkaa ja polttoainetta mennessään, tällöin puhutaan kiertoleijukattilasta eli kiertopetikattilasta [1]

Leijupetikattiloiden hiekka on kiertoleijukattiloissa käytettävää hiekkaa karkeampaa ja hiekan leijutusnopeus on myös pienempi kuin kiertoleijukattiloissa. Leijupetikattiloissa on tarkoitus pitää 0,4–0,8 metriä korkea kupliva peti kattilan pohjalla, jossa polttoaine palaa. Polttoaineen määrää kattilaan annostellaan sulkusyötinten avulla ja polttoaine putoaa leijupedille pudotustorven kautta. Sulkusyöttimissä voidaan käyttää radiometrisiä mittalaitteita, jotka mittaavat ja ilmoittavat tarvittaessa, jos syntyy tukoksia. Polttoaineen pudotusputkia on kattilan molemmilla puolilla yleensä 2–4 kappaletta, mikä mahdollistaa polttoaineen tasaisen levittymisen koko leijupedille. [1]

Kattilaan syötetty polttoaine kuivuu ja lämpenee nopeasti syttymislämpötilaansa pedin korkean lämpökapasiteetin ansiosta, tämän takia leijupoltto soveltuu hyvin kosteampien polttoaineiden polttoon, eikä erillistä kuivatusta tarvita. Leijukerrospoltoissa polttoaineen määrä on yleensä 1–3 %:ia käytettävän hiekan määrästä. Ylös ajettaessa kattilaan ei voi syöttää kiinteää ja kosteaa polttoainetta, vaan ylösajo tapahtuu öljy- ja kaasulämmittesillä sytytyspolttimilla, jotka sijaitsevan pedin tai hieman sen yläpuolella. Yleensä lämpötila kattilassa pitää olla yli 400-astetta, ennen kuin sinne ruvetaan syöttämään kiinteää polttoainetta. [1]

Lämpötila kattilassa pyritään pitämään alle tuhkan pehmenemispisteen eli 800–900 °C:ssa, jotta tuhka ei sulaisi tai pehmenisi. Jos tuhka sattuisi sulamaan ja pehmenemään, niin hiekka voisi sintraantua ja tukkia kattilan alaosassa olevien arinoiden aukot, jonka seurauksena kattila jouduttaisiin ajamaan alas ja reiät piikkaamaan auki. Hienojakoinen tuhka poistuu savukaasujen mukana ja karkeampi tuhka hiekan mukana pohjalla olevien arinoiden aukoista. Kattilasta poistunut hiekka seulotaan ja siitä poistetaan kuona, jonka jälkeen se palautetaan takaisin kattilaan. Joskus kattilaan pitää lisätä pieniä määriä hiekkaa, etenkin jos poltetaan polttoainetta, josta muodostuu vain vähän tuhkaa, koska hiekka jauhaantuu ja sitä poistuu savukaasujen mukana tulipesästä. [1]

Kattilaan tarvittava happi saadaan osittain leijutukseen käytettävistä suuttimista ja lisäksi tuodaan petin päälle sekundääri-ilmana. Kattilan minimiteho saadaan minimileijutusnopeudesta ja petin lämpötilasta, jonka pitäisi olla vähintään 700 °C. Maksiteho saadaan maksimilämpötilasta ja siitä, ettei petihiekka karkaa savukaasukanavaan ja palamattomien partikkelien määrä nouse. [1]

Kiertopetikattilassa on leijupetikattilaa suurempi leijutusnopeus (3–10 m/s) ja hiekka on hienompaa ja raekoko (0,1–0,5 mm) pienempi. Tämän takia, tulipesässä ei pystytä erottamaan selkeää kerrosta, jossa polttoaine palaisi, vaan tyypillistä on voimakas pyörteisyys ja hiukkasten sekoittuminen tulipesässä. Kiertopetikattiloissa on jo vakiona sykloni, mitä ei löydy leijupetikattiloista. Syklonilla erotetaan savukaasuvirtauksesta sen mukana poistuvat palamattomat hiukkaset sekä kiertävä petimateriaali ja palautetaan ne takaisin tulipesään. Syklonin jälkeen on yleensä suurin osa höyrystinlämpöpinnoista, esimerkiksi tulistimet ja esilämmittimet. [1]

Monissa kiertopetikattiloissa käytetään vesikiertona luonnonkiertojärjestelmää, sillä ne ovat pääosin vastapainelaitoksia, joissa halutut höyryn paineet mahdollistavat luonnonkierron. Tarvittava kaasun nopeus, polttoaineen palamisaika, höyrystimistarve sekä syklonimäärä vaikuttavat tulipesän mittasuhteisiin. Yleensä tulipesä on suorakaiteen muotoinen ja voi sisältää useita sykloneja, jotka on sijoitettu tulipesän leveämmälle seinälle. Syklonit rakennetaan halkaisijaltaan alle 8 metrisiksi, sillä savukaasun on virrattava sykloniin 20 m/s. Halkaisijan kasvaessa syklonin erotuskyky heikkenee ja virtaus pienentyy, tämän takia rakennetaan useampia sykloneja, joilla on pienempi halkaisija. Polttoaine syötetään palavan hiekan joukkoon syklonista tai voidaan käyttää etuseinäsyöttöä, jos syklonista syötettäessä ei saavuteta tarpeeksi tasaista syöttöä. Savukaasujen mukana kulkevan tuhkan ollessa tarpeeksi hienojakoista, se ajautuu savukaasujen mukana normaalisti savukaasun puhdistimeen ja siitä lentotuhkasiiloon. [1]

Primääri-ilma saadaan tulipesään samalla lailla kuin leijupetikattilassa. Sekundääri-ilmaa syötetään parissa eri tasossa muutama metri arinan yläpuolelta. Starttipolttimet ovat samanlaiset kuin leijupetikattilassa. Kiertopetikattilassa hiilenkin polttaminen hyvällä hyötysuhteella on mahdollista, vaikka hiili ei sisällä paljon haihtuvia komponentteja. Syklonin kautta tapahtuva kierto kierrättää palamattomat hiukkaset takaisin tulipesään ja näin hiukkaset saavat riittävän pitkän palamisajan ja sen takia hyvän palamishyötysuhteen. Matalan palamislämpötilan takia kiertoleijukattilan typpioksidipäästöt ovat pienet sekä savukaasujen rikinpoisto on edullista toteuttaa. Typpioksidipäästöt pienenevät entuudestaan, jos syötetään petiin ammoniakkia. Rikin poisto onnistuu helposti, kun tulipesään syötetään kalkkia, joka reagoi polttoaineessa olevan rikin kanssa ja muodostaa kaliumsulfaattia (kipsiä). Kipsi voidaan poistaa tuhkan mukana ja pystytään käyttämään lentotuhkan kanssa esimerkiksi maanpohjan rakentamisessa tai sementtiteollisuudessa. Kuvan kolme oikeassa reunassa on kuvattuna kuplaleiju- ja kiertoleijupolton peruseriaate. [1]

Pölypoltossa hienojakeinen kiinteä polttoaine syötetään polttimien kautta kattilan tulipesään. Polttoaine palaa muutamissa sekunneissa ja luovuttaa samalla tulipesään suuret lämpötehot. Pelkkään pölynpolttoon käytettävissä kattiloissa primääri-ilmaa yleensä käytetään kantoilmana pölylle ja pölyn palamista tehostetaan sekundääri-ilman avulla. [2]

Arinapolttoon yhdistetyssä pölynpoltossa sekundääri-ilmaa voidaan käyttää kantoilmana ja periaate ei muuten muutu. Sekundääri-ilman suuttimet pitää jakaa kahteen ryhmään niiden käyttötarkoituksensa mukaan; yksi tai useampi suuttimista toimii pölypolttimena ja lopuilla suuttimilla säädetään paloilmaa. Kantoilmana käytettävän sekundääri-ilman täytyy taata riittävä virtausnopeus pölypolttimille, jotta palo ei pääse leviämään syöttöjärjestelmään. Pölypolton polttimessa on yleensä öljy- tai kaasutoiminen starttipolttin sekä tukiolttin. [1] Arina- ja pölypolton yhdistelmässä ei välttämättä tarvitse käyttää erillistä polttinta pölylle, koska pöly syttyy palamaan arinan tulipesän lämmön vaikutuksesta ja palaa tulipesään muodostuneessa kaasuvirtauksessa. Pölypoltossa vaaditaan polttoaineen syttymislämpötilaa korkeampi lämpötila arinalla ennen kuin pölypoltto voidaan ottaa käyttöön. [2] Kuvan 3 vasemmassa alareunassa on esitetty pölypolton peruseriaate. Taulukkoon 2 on vielä koottuna turpeen ja puun polton tehot eri polttotekniikoilla.

Taulukko 2. Turpeen ja puun polton tehot eri polttotavoilla [4]

Polttotapa	Pienin teho, MW	tyypillinen teho, MW
mekaaninen arina	1	2–30
kerrosleijupoltto	2	10–100
kiertoleijupoltto	5	>20
kaasutuspolttto	0,5	2–10

Samankaltaiset kattilat sopivat myös öljyn ja maakaasun polttamiseen. Kumpikaan polttoaineista ei juurikaan sisällä kosteutta sekä molemmista muodostuu savukaasuja lähes saman verran. Pienen tuhkapitoisuuden vuoksi tulipesän puhdistustarve on vähäinen ja tämän takia tulipesän pohja pystyy olemaan lähes vaakasuora. [1]

Polttimet voidaan kattilassa sijoittaa kattoon, pohjaan, etuseinään, nurkkiin tai vastakkain. Pohjapoltttoa lukuun ottamatta, muut polttotavat ovat yleisessä käytössä olevia ratkaisuja hyvineen ja huonoineen puolineen. Kattopolttto on yleisesti käytetty malli voimalaitoskattiloissa, sillä tulipesä voidaan suunnitella kapeaksi ja korkeaksi, mikä edesauttaa luonnonkiertoa höyrystinputkistossa. Vastakkais- ja nurkka poltolla saadaan kuormitettua tasaisesti tulipesää ja vastakkaiset liekit parantavat ja lisäävät polttoaineen palamista reuna-alueilla. Etuseinäpolttto on helppohoitoinen ja edullisin, mutta vaatii syvän tulipesän, jotta vastakkainen seinä ei ylikuumenisi. Pohjapolton suurimpana ongelmana on ollut poltinten nopea likaantuminen polttoöljyä poltettaessa. [1]

Öljypolttimet voidaan jakaa paine-, pyörivä- ja väliainehajotteisiin polttimiin. Voimalaitoskattilassa yleisimpiä polttimia ovat väliainehajotteiset polttimet. Väliaineena polttimissa toimii höyry tai ilma. Tulitorvi-tuliputkikattiloissa käytetään lähinnä pyörivähajotteista poltinta. Pienemmissä kattiloissa käytetään paineöljyhajotteisia polttimia.[1]

Voimalaitoksissa maakaasupolttimena käytetään diffuusiopolttimia, jotka on varustettu suutinsekoituksella. Rakenteeltaan kevytöljypolttimet ovat samankaltaisia ja kaasu/öljy-yhdistelmäpoltin eroaa kevytöljypolttimesta lähinnä kaasuputkiston osalta. Polttimessa on useita kaasusuuttimia, joiden avulla saadaan kaasu ja ilma sekoittumaan hyvin. [1]

Höyryhajotteisia polttimia käytetään yleensä voimalaitoksissa, koska niillä saavutetaan hyvä palamistulos raskaimmillakin öljylaaduilla ja korkeapaineista höyryä on näin aina saatavilla. Poltinta voidaan käyttää myös leijukerroskattilan kuormapolttimena, jota käytetään, kun tulipesään syötettävä polttoaine on liian kostea tai kun lämpötila tulipesässä alkaa laskea. Lämpötila voi laskea esimerkiksi jossain nurkassa, jolloin lähinnä olevin

polttin otetaan käyttöön ja sillä avustetaan tulipesän lämmön tasoittamisessa. Höyryhajoitteisia polttimia käytetään myös leijukerroskattiloissa starttipolttimina. Polttimilla saadaan nostettua tulipesän lämpötila 400–600 °C, ennen kuin sinne voidaan ruveta syöttämään kiinteää polttoainetta. [1]

2.4 Etäkäyttöjärjestelmä osana laitoksen toimintaa

Laitosten etäkäyttö parantaa erityisesti laitosten energiatehokkuutta ja tuottavuutta. Ennen etäohjausta laitoksissa on voinut olla käytössä ympärivuorokautinen kolmivuoromiehitys. Etäkäyttöön siirtyminen laitoksissa on mahdollistanut siirtymisen päivätyöhön ja nyt henkilökunta pystyy itse hoitamaan suurimman osan kunnostustoista, jotka pääosin ostettiin aikaisemmin alihankkijoilta. Laitoksen siirtäminen etäkäyttöön vaikuttaa se, minkälainen automaatiotaso ja automaatiojärjestelmät laitoksessa on ennestään ollut. Myös se, että tarvitseeko laitoksen polttoaineenvastaanotto jatkuvaa paikalla oloa vai ei, vaikuttaa etäkäyttöön siirtymiseen. Vanhempikin laitos on mahdollista siirtää etäkäyttöön, jos se on alkujaan rakennettu helposti ohjattavaksi. [8]

Tietoturva on etäkäyttöjärjestelmässä erityisen tärkeässä osassa, jos hakkerit pääsevät järjestelmään käsiksi, seuraamukset voivat olla vakavat. Laitoksen ja käyttöväyhteiden välinen tieto kulkee niille erikseen rakennettua laitosverkkoa pitkin, joka on eriytettyä muusta tavanomaisesta verkkoliikenteestä. Tämä tarkoittaa sitä, että ylimääräinen hälinä on suodatettu tietoverkosta pois ja yhteys on suojattu. Myös etäyhteyden kautta yhteyden järjestelmään ottavat laitteet tulee suojata asianmukaisesti salasanalla, sormenjälki- tai kasvojen tunnistautumisella tai pin-koodilla. [9]

Jotta laitos voidaan ottaa etäkäyttöön, pitää laitoksessa tehdä vaara-analyysi ja tarkastaa kriittiset parannuskohteet ja automaatiotaso. Laitosta operoivien työntekijöiden perehdyttäminen ja kouluttaminen järjestelmän käyttöön suoritetaan heti järjestelmän käyttöönotossa. Laitosoperaattorin koulutukseen on kovat vaatimukset ja painelaitelaissa määritetään tarkat vaatimukset, minkälainen henkilö voi olla vastuussa ja ajaa etäohjattavaa laitosta.

prosessinhallinnan edellytyksenä on, että saadaan luotettava tieto prosessin tilasta mittausten avulla sekä kyky ja mahdollisuus vaikuttaa prosessia ohjaaviin komponentteihin. Laitoksessa sekä kentällä olevien laitteiden mittaukset, ilmoitukset, tilatiedot ja muu tärkeä data pitää pystyä muuttamaan elektronisiksi signaaleiksi, jotta järjestelmä voi käsitellä niitä.

Säätö- ja mittalaitteet vaativat säännöllistä kalibrointia ja huoltoa, jotta ne antavat oikean ja tarkan signaalin tuloksen kaukokäyttäjälle. Laitoksen päästömittaukset ja päästömittauslaitteet ovat erityisen tarkkailun kohteena, jotta ympäristöluvan ja päästöarvojen raja-arvot eivät ylity. Biopolttolaitosten polttoprosessia pyritään optimoimaan etäkäytön avulla mahdollisimman ympäristöystävälliseksi ja energiatehokkaaksi. Näitä tarkkailtavia arvoja ovat muun muassa savukaasun lämpötila, hiilimonoksidin ppm-partikkelimittaus sekä jäännöshappi. [5]

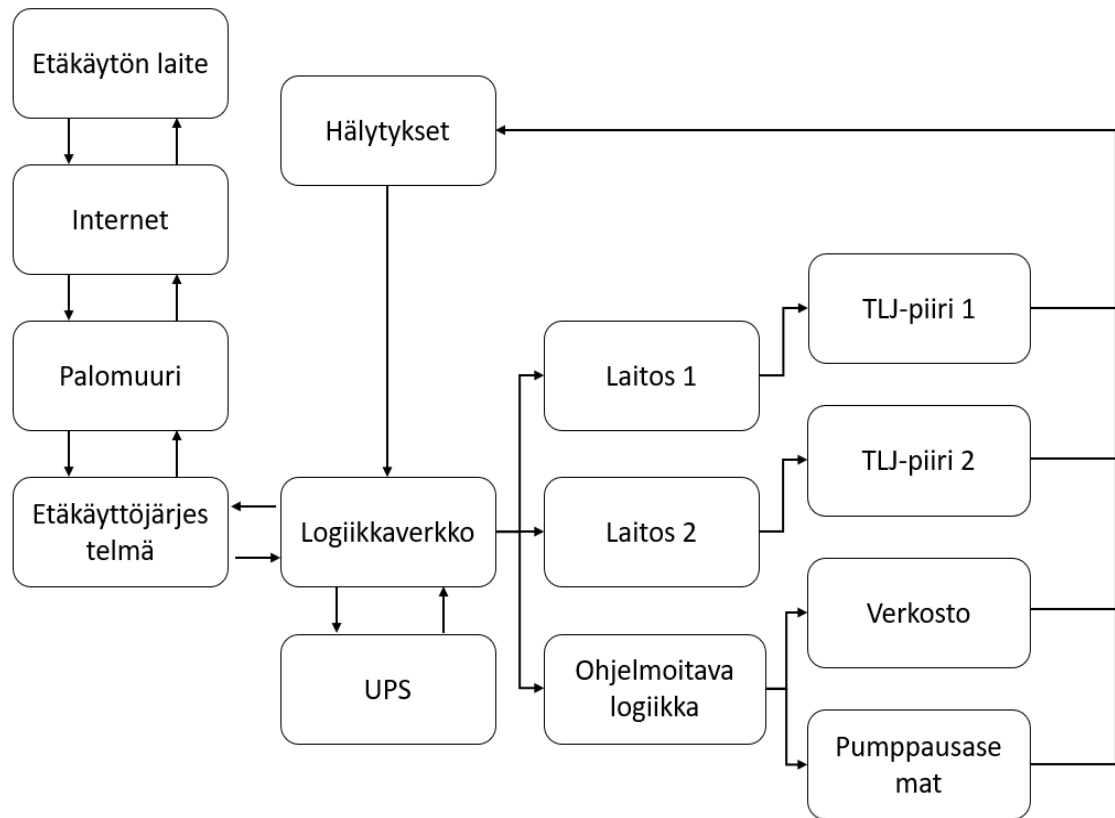
3. ETÄKÄYTTÖJÄRJESTELMIEN TOIMINTA JA RAJOITTEET

Etäkäyttöjärjestelmä koostuu etäyhteyteen kykenevästä laitteesta, logiikkaverkkoa suojaavasta palomuurista ja logiikkaverkosta. Logiikkaverkkoon sisältyy verkossa olevat laitokset ja ohjelmoitavan logiikan (PLC) kautta yhdistetyt paineentarkkailu- ja korotusasetmat ja verkosto. Etäyhteyden muodostava laite on yleensä kannettava tietokone tai suuremmalla näytöllä oleva tabletti. Etäyhteys muodostetaan käyttämällä VPN-yhteyttä (Virtual Private Network), jonka avulla otetaan yhteys palomuurin läpi logiikkaverkkoon. Etälaitteella otetaan yhteys valvomossa oleviin koneisiin ja otetaan tarvittaessa haltuun yksi valvomon koneista, jolla voidaan ajaa laitosta tai laitoksia etänä.

Useassa laitoksessa on käytössä TLJ-piiri (Turvallisuuteen liittyvä järjestelmä), joka on prosessiautomaatiosta irrallaan oleva automaatioyksikkö, jonka tarkoituksena on saattaa prosessi turvalliseen tilaan vian sattuessa tai pysäyttää ja ruveta ajamaan alas prosessia, jos edellinen tavoite epäonnistuu. TLJ on tapa, jossa prosessiautomaatiikan turvallisuus ja toimintavarmuus järjestetään kytkemällä erillinen turvamittaus ja turvaohjausyksikkö varsinaisen prosessiautomaation rinnalle. [18]

TLJ:n avulla saadaan pienennettyä prosessien riskejä merkittävästi, sillä tällöin ei olla alttiita operaattoreiden tai prosessiautomaatiojärjestelmän virheille. Tällaisissa järjestelmissä voidaan käyttää esimerkiksi valoja kertomaan ihmisille vaaravyöhykkeelle saapumisesta tai painemitauksia havaitsemaan ja kertomaan syntyneestä putkivuodosta, jolloin TLJ-piiri ajaa prosessin tarvittaessa automaattisesti alas välttääkseen henkilö- ja kiinteistövahinkoja. TLJ- dokumentaatioissa yhdistyy järjestelmäsuunnittelun osaset yhdeksi kokonaisuudeksi. TLJ-dokumentaatioon kuuluu muun muassa TLJ-piiriluettelo, TLJ-lukituskaavio, TLJ-eheystasolaskelmat, TLJ-testaussuunnitelma sekä TLJ-testauspöytäkirja. [18]

Laitoksen ja sen käytön toimintaa voidaan rajoittaa ja ohjata erilaisilla lailla tai standardeilla. Näillä säädöksillä voidaan vaikuttaa laitoksen eri laitteiden toimintaan ja yhteyksiin, kuin myös yleiseen turvallisuuteen ja toimimiseen huolto- ja vikatilanteissa. Kuvassa 4 on esitetty esimerkki etäkäyttöjärjestelmästä ja siihen liittyvistä komponenteista.



Kuva 4. Esimerkki etäkäyttöjärjestelmän kokoonpanosta

3.1 Yhteys

Etäkäyttö edellyttää toimivaa ja suojattua verkkoyhteyttä. Yhteys etäältä ohjattavien toimilaitteiden ja valvomon tietopäätteiden välillä tulisi säilyä hyvänä ja laitteiden tulisi pysyä päällä, vaikka sähköverkossa olisi pieniä katkoksia. Tämä tarkoittaa sitä, että laitoksella oma varavoima- ja akkujärjestelmä, joka seuraisi sähköverkon tilaa ja kytkeytyisi automaattisesti päälle, kun sähkökatko tai jokin muu häiriö sähköverkossa ilmenisi.

Valvomossa tai etäkäyttöasemalla käytettävät koneet ovat kytkettynä UPS:ään (Uninterruptible power supply) eli keskeyttämättömään virransyöttöön. UPS pystyy syöttämään sen suojaamilleen laitteille sähköä lyhyiden katkosten ajan tai kunnes varavoimakoneet on saatu käyntiin. UPS seuraa sähköverkon tilaa ja häiriön sattuessa yhteys valtioon sähköverkkoon katkaistaisiin ja etäaseman tai valvomon koneet siirtyvät käyttämään UPS:n virtaa, kunnes varavoimakoneet on saatu käyttöön. Laitoksissa sähkökatkon sattuessa, laitteet saattavat tilapäisesti sammua, ennen kuin laitoksen oma varavoimajärjestelmä lähtee päälle. Kun häiriö on korjattu, voidaan oma varavoimajärjestelmä sammuttaa ja yhdistää järjestelmät takaisin valtioon sähköverkkoon. [5]

Valvomossa sijaitsevat kiinteät koneet ovat yhdistettynä nopeaan valokuituun, joka takaa riittävän nopean ja häiriöttömän kaukokäytön ja ohjauksen. Valokuituyhteys olisi hoidettu

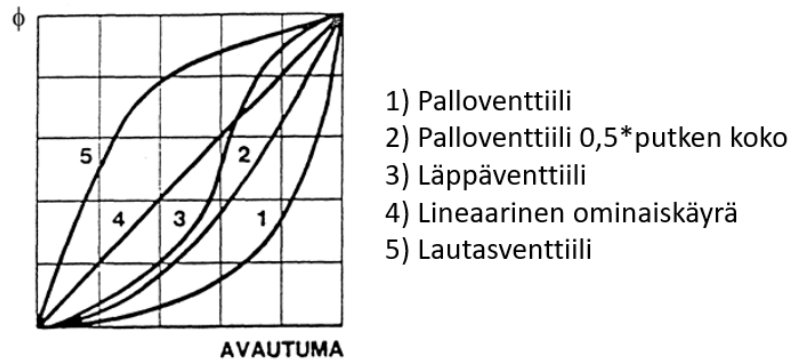
niin sanotulla lenkityksellä eli yhteys tulisi kahta eri kautta lenkin omaisesti siltä varalta, jos toinen kuitu sattuisi vahingossa esimerkiksi katkeamaan. Toisena yhteysvaihtoehtona kiinteissä valvomoissa on vielä langaton yhteys, mutta valokuituyhteyttä suositaan sen nopeuden ja häiriöttömyyden takia. Etäyhteyden muodostaminen, esimerkiksi päivystystietokoneella, laitoksen järjestelmään tapahtuu VPN-yhteyttä käyttämällä. Laitteissa käytettävät VPN-ohjelmat vaihtelevat, mutta suositaan kaupallisia tunnettuja ohjelmia ilmaisversioiden sijaan. Yhteyden pitää olla salattu ja suojattu hyvin, ettei siihen pysty kuka tahansa liittymään ja sitä kautta päästä muuttamaan ajettavien laitosten arvoja. Nykyään VPN-yhteydetkin takaavat melkein yhtä nopean yhteyden kuin kiinteillä koneilla käytettävä kuituyhteys. Verkkosuojauksesta ja sen toimituksesta yrityksille vastaa yleensä joku ulkopuolinen taho.

VPN-yhteydellä tarkoitetaan virtuaalista erillisverkkoa, jonka avulla käyttäjä pystyy parantamaan yksityisyyttään salaamalla laitteensa verkkoyhteyden. Salaus mahdollistaa yksityisen verkossa surfailun. VPN:än käyttö estää myös urkinnan ja hakkereiden hyökkäykset. VPN:ää ei voi käyttää ilman sopimuksen solmimista jonkin VPN:än tarjoajan kanssa.[16] Laitosten logiikkaverkko on suojattu palomuurilla ja siihen liitytään VPN-yhteydellä internetin kautta. Kun VPN-yhteys on muodostettu etälaitteella, niin etälaitte voi ottaa komentoonsa yhden valvomossa olevista koneista ja näin muokata samassa verkossa olevien laitosten arvoja ja lukea etäluettavien mittareiden tietoja. [5,6]

3.2 Toimilaitteet

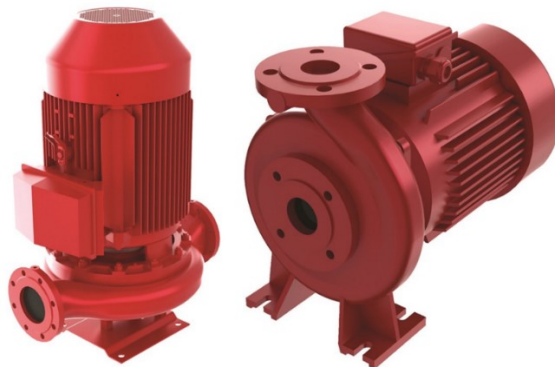
Toimilaitte on laite, joka säätimeltä saadun viestin perusteella vaikuttaa prosessin toimintaan sopivalla tavalla. Laitoksessa tyypillisiä etäohjattavia toimilaitteita ovat erilaiset venttiilit, pumput, hydraulikkakoneikot, säätöpellit, puhaltimet ja erilaiset mittauslaitteet.

Etäohjattavilla venttiileillä säädellään tyypillisesti ilman, veden tai öljyn virtausmääriä. Voimalaitoksessa käytettävät venttiilit voidaan jakaa kolmeen pääryhmään: sulkuventtiilit, säätöventtiilit ja varoventtiilit. Sulku- ja säätöventtiilit ovat yleensä joko lineaari- tai neljänneskiertoventtiilityyppejä. Yleisimpiä venttiilejä ovat istukka- pallo-, läppä- ja luis- tiventtiilit. Toimilaitte, joka muuttaa venttiilin asentoa voi olla paineilmalla toimiva eli pneumaattinen tai sähkömoottori. Venttiilin sisäisellä ominaiskäyrällä kuvataan venttiilin tehollisen poikkipinta-alan muuttumista venttiilin suhteellisen asennon funktiona. Kuvassa 5 on esitetty yleisimpien venttiilityyppien sisäiset ominaiskäyrät. [15]



Kuva 5. Venttiileiden sisäisiä ominaiskäyriä [15]

Pumpuilla säädetään laitoksen vesi- tai öljykiertoa tai kaukolämmön tai -kylmän ensiöpuolen kiertoa. Pumput ovat yleensä keskipakopumppuja, jossa sähkömoottori ja pumppu muodostavat kompaktin kokonaisuuden. Pumppu voidaan sijoittaa joko pysty- tai vaakatasoon. Kuvassa 6 on esiteltynä esimerkkejä voimalaitoksissa käytettävistä pumpuista. [11]



Kuva 6. Esimerkki voimalaitoksissa käytettävistä pumpuista [10]

Hydrauliikkakoneikkojen tarkoituksena on pyörittää kuljettimia, jotka tuovat polttoainetta siilosta kattilaan tai kattilan jälkeistä tuhkakuljetinta. Myös kattilassa olevat arinat ovat liikuteltavissa hydrauliikkakoneikkojen avulla. [11]

Säätöpeltien tehtävänä on säädellä kaasuvirtauksen määrää. Pellit voivat säädellä muun muassa primääri- sekundääri tai tertiääri-ilman määrää kattilaan. Säätöpelleillä voidaan myös ohjailla savukaasujen kulkua. [11]

Puhaltimia tarvitaan voimalaitoksissa palamisilman puhaltamiseen sekä savukaasujen kierrättämisen ja poistamiseen sekä polttoaineen pneumaattiseen kuljetukseen. Savukaasujen kierrätyksellä jäähdytetään kuumaa tulipesää. kiertokaasupuhaltimen tehtä-

vänä on siirtää savukaasuja primääri-ilman joukkoon tai suoraan tulipesän alaosaan. Savukaasupuhallin sijaitsee savukaasukanavassa ja sen tehtävänä on kompensoida savukaasukanaviston painehäviöitä ennen piippua. [11]

Laitoksessa on käytössä myös erilaisia mittalaitteita, joilla mitataan muun muassa lämpötilaa, painetta tai paine-eroa, ilmanpainetta tai vaikka ilman, veden tai höyryn virtauksia. Tyypillisimpiä lämpötilamittauksia on kattilan lämpötilamittaukset, joiden avulla pystytään säätelemään kattilaan syötettäviä vesi- ja ilmamääriä sekä lisätä tai vähentää tarvittaessa polttoaineen syöttöä kattilaan. Kattilan painemittausten avulla voidaan myös säädellä kattilan ilmavirtauksia. Kaikki mittalaitteilla saadut tiedot näkyvät valvomon päätteiltä ja käyttöhenkilökunta voi tarvittaessa säätää puhallusten ja virtausten määrää tai säätäminen voi olla järjestelmään automatisoituna.

Varavoimakoneet, joita käytetään laitoksissa sähkökatkojen varalta, pitää koeajaa keran kuussa. Koeajo suoritetaan yleensä lämmön- tai sähköntuotannon ollessa käynnissä. Varavoimakoneet käynnistetään ja tahdistetaan verkkoon (jos käytössä on tahdistus), kun varavoimakatkaisijat ovat kiinniohjautuneet, voidaan varavoimakoneet irrottaa sähkönjakeluverkosta avaamalla verkkokatkaisija. Katkaisijan avaamisen jälkeen laitoksen kuorma otetaan varavoimakoneiden hallintaan. Tällä lailla saadaan testattua samalla kaikki varavoimakoneet ja niiden katkaisijat. Testaaminen ja sen tulokset pitää kirjata kattiloiden lokikirjaan, johon kirjataan myös kaikki kattiloiden turvalaitteisiin tehdyt muutokset. [5]

3.3 Rinnakkaiskäyttö

Rinnakkaiskäyttö/-ajo tulee tarpeeseen pääsääntöisesti talvella, kun sähkö ja lämmön tarve on suurempaa. Rinnakkaisajoa voidaan tarvita muulloinkin, esimerkiksi jos joudutaan rajoittamaan käytössä olevan kattilan tehoa siinä syntyneen ongelman tai häiriön takia. Rinnakkaisajoon siirtymisestä päättää yleensä käyttäjä, joka pystyy tarvittaessa käynnistämään etänä tai käymään paikan päällä manuaalisesti käynnistämässä kattilan. Molempien kattiloiden ollessa päällä niitä voidaan valvoa etänä valvomon ruuduilta ja tarvittaessa muuttaa syötettyjä arvoja. Kattiloita voidaan ajaa automaattilla ohjelman avulla tai käsin valvomalla arvoja käyttöliittymästä. Automaattilla ajettaessa toinen kattila voidaan pitää vakioteholla ja toisella kattilalla säädetään tai molemmat kattilat voivat olla säädettävissä ja käytetään apuna suhteellista tehonjakoa. Rinnanajon peruseräteenä on, että tehon jako kattiloiden välillä saadaan tehtyä ohjaamalla kattiloiden virtauksensäästöventtiileitä haluttujen tehonjakotoimintojen ja rajoitussäätöjen toteuttamiseksi. Jos rinnanajo on pois käytöstä, käytössä olevan kattilan virtauksensäästöventtiili pidetään täysin auki. [5]

3.4 Vikatilanteet

Vikatilanteisiin tulisi reagoida nopeasti, jottei laitteisto vioitu tai aiheuta vaaraa ihmisille. Vikatilanteesta aiheutuu hälytys, joka välitetään valvomoon ja sieltä ohjataan laitosta päivystävälle henkilölle. Robottipuhelin varmistaa, että hälytys on kuitattu. Jos hälytystä ei kuitata tietyn aikarajan sisällä, rupeaa robottipuhelin soittamaan ennalta määritetyn listan mukaan henkilöille, kunnes joku henkilöistä vastaa ja kuittaa hälytyksen.

Laitoksissa voi esiintyä kolmea erityyppistä hälytystä, jotka ovat varoitus, hälytys ja lukitus. Varoitus on hälytystasoista alhaisin ja se nimensä mukaisesti varoittaa jostain tilanteesta, mutta ei välttämättä vielä muuta mitään arvoja järjestelmässä. Varoitushälytyksen on tarkoitus ilmoittaa poikkeavasta tilanteesta laitoksen ajajalle, jotta tällä olisi hyvin aikaa tehdä tarvittavia muutoksia järjestelmän arvoihin, ennen kuin tilanne etenee pahemmalle hälytystasolle tai jopa lukitukseen. Hälytys on varoituksesta seuraava taso, jossa hälytyksen tullessa pitää ryhtyä välittömiin toimenpiteisiin vikatilanteen korjaamiseksi. Laite jatkaa uudelleen hälyttämistä niin kauan, kunnes vika on saatu korjattua ja tilanne palautettua normaaliksi. Hälytyksen voi vielä kuitata etänä ja tilanteen mukaan, vikatilanteen pystyy ratkaisemaan etänä muuttamalla järjestelmän arvoja valvomosta tai etäyhteyden kautta kannettavalla tai tabletilla käsin. Jos vikatilannetta ei saada ratkaistua ajoissa, voi laite mennä häiriölukitukseen, jonka seurauksena automaatiojärjestelmä rupeaa ajamaan automaattisesti laitteita alas suojatakseen niitä vaurioilta. Häiriölukituksen sattuessa laitteet pitää käydä paikan päällä kuittaamassa ja tarkastamassa manuaalisesti ja niitä ei pystytä käynnistämään ja ohjaamaan etänä ennen lukituksen kuittamista. Taulukossa 3 on esitetty esimerkkejä erilaisista hälytyksistä ja mitä tapahtuu tietyn hälytystason jälkeen. [5]

Taulukko 3. Esimerkkejä hälytyksistä ja hälytystasoista

Vikatilanne	Varoitus	Hälytys	Lukitus
Kattilan yllilämpö	Varoittaa lämpötilan nousseen kattilassa	Lämpötila noussut lähelle kriittistä arvoa, toimiin ryhdyttävä	Lämpötila yli kriittisen rajan, lisätään veden syöttöä lämpötilan laske- miseksi ja ajetaan prosessia alas
Polttoainekuljetin hätäseishälytys	Ei varoitusta	Hätäseis vajjerista kiskaistu tai painettu hätäseis-nappia, jolloin aiheutui hälytys. Paikan päällä tarkastuskäynti ja kuittaus	Ei aiheuta lukitusta kattilapuolella, vain kuljettimen pysähtymisen
Pressostaattihälytys	Varoittaa paineen laskemisesta	Raja-arvo ylitetty	Kriittinen raja ylitetty
Lämpötilatermostaattihälytys	Varoittaa lämpötilan noususta	Raja-arvo ylitetty	Kriittinen raja ylitetty

Sähkökatkoksen tapahtuessa laitoksen puhaltimet pysähtyvät ja lämmön siirtyminen kattilasta pois loppuu heti. KPA-kattila on voinut olla ennen sähkökatkosta täydellä teholla ja siten tulipesässä arinalla palaminen on voimakasta ja kattilan alas ajaminen tulee olemaan hidasta. Tästä syystä kattilan vesimäärän keskimääräinen lämpötila alkaa nousemaan melko nopeasti. Kun polttoteho pienenee, tulipinnat jäähtyvät. Tulipintojen jäähtyminen vähentää luonnollista veden kiertoa. Kattiloiden jäähdytys olisi hyvä saada käyntiin mahdollisimman nopeasti, mieluiten 5 minuutin sisällä. Jotta jäähdytys saataisiin nopeasti päälle, pitää varavoimakone/koneet käynnistyä, sähkökeskuksissa ja varavoimakoneissa käytettävien katkaisijoiden toimia tai sähköverkon tila tulisi palautua normaaliiksi. Puolen tunnin jäähdytyksen puute voi nostattaa lämpötilaa jopa 30 °C:een verran. [5]

Laitteiden huoltotilanteissa laite tulee erottaa järjestelmästä asianmukaisesti ja varmistaa, että laitetta, esimerkiksi venttiiliä, ei pystytä ohjaamaan etäältä. Suljettuun tilaan, esimerkiksi kattilaan, mentäessä tulee noudattaa tarkkoja ohjeita, jotka on säädetty laissa tai saatu laitevalmistajalta. Kattilassa työskennellessä, vähintään yhden henkilön

pitää olla ulkopuolella niin sanottuna ”luukkumiehenä”, joka vahtii, että kattilassa työskentelevillä on kaikki hyvin ja ilmanvaihto ja hapensaanti kattilaan on riittävä. Luukkumies pystyy tarvittaessa kutsumaan apua, jos joku sattuu, esimerkiksi pyörtymään, kattilan sisällä. Korkeapaineisia höyry- tai vesiputkia korjattaessa, pitää varmistaa, että putki on tyhjä ja paineeton työskenneltävältä alueelta ja että paineen erotus on vähintään 2 venttiilin takana. Venttiilit käännetään kiinni ja lukitaan lukoilla, tällä varmistetaan se, ettei venttiilin asentoa voida ohjata etänä tai ettei kukaan voi koskea siihen paikan päällä. Turvaerotuksen voi purkaa vasta sitten, kun kaikki korjaukset on tehty ja erotuksen purku ei aiheuta vaaraa. Turvaerotuksen saa purkaa erotuksen tehnyt henkilö tai vastuuhenkilö, jonka nimi on kirjoitettu laadittuun turvaerotosohjeeseen.

Polttoaineen syötössä ja kuljetuksessa voi ilmetä erilaisia vikatilanteita. Polttoaineen kuljettimilla voi ilmetä tukoksia, johtuen tankopurkainten liian nopeasta purkamistahdista tai polttoainekuorman mukana tulleesta murskaamattomasta kannosta tai risusta, joka tukkii polttoaineen syötön kuljettimella. Kuljettimien reunoilla olevat sivusiirtoanturit ja hätäseis-vaijeri aiheuttavat hälytyksen, jos kuljetinhihna tai kuljettimella oleva polttoaine ottaa kiinni anturiin ja siirtää sen pois paikaltaan tai nykäisee vaijerista. Sivusiirtoantureiden tai hätäseis-vaijerin hälyttäessä kuljetin pysähtyy automaattisesti. Jos anturit ja ruuhkavahdit ovat pysyneet paikoillaan, mutta kuljetin on pysähtynyt, voidaan kuljetinta kokeilla käynnistää etänä ja kokeilla pyörittää kuljetinta ensin taaksepäin ja sen jälkeen taas eteenpäin, tällä tavalla mahdollinen tukos voi purkua itsestään ja näin vältetään pidemmät kuljettimien pysäyttämiset ja seisomiset. Jos kuljetinta ei saada käyntiin, pitää paikan päällä käydä tarkistamassa onko kuljettimella tukosta tai onko ruuhkavahdit tai anturit liikkuneet pois paikoiltaan. [5]

Kaikissa laitoksissa pitää olla toimivat savukaasu- ja palohälyttimet. Hälyttimien lauletaessa, tieto hälytyksestä ohjautuu automaattisesti aluehälytyskeskukseen, joka ohjaa hälytyksen oikealla hälytyslaitokselle, josta lähetetään paikalle asianmukainen viranomainen tarkistamaan tilanne. Hälyttimiä ei voi kuitata etänä vaan paikan päällä on käytävä tarkistamassa, että kaikki on kunnossa ja mikä aiheutti hälytyksen. Useammasta turhasti aiheutuneesta hälytyksestä voi saada sakot.

3.5 Lainsäädäntö

Erilaiset lait ja standardit rajoittavat laitoksen ja niissä käytettävien laitteiden toimintaa, sekä myös poltettavien polttoaineiden mittausta. Pienemmissä kiinteän polttoaineen laitoksissa polttoaineen kosteus joudutaan yleensä määrittämään käsin. Suuremmissa laitoksissa kosteusmittaus on pystytty automatisoimaan, mittaus voidaan esimerkiksi suo-

rittaa suoraan polttoainekuljettimelta röntgen- ja gammasäteilyä apuna käyttäen. Onneksi on olemassa standardeja, joiden ohjeistuksen avulla polttoaineen kosteusmittaus käsin on helppoa suorittaa käyttäen asianmukaisia laitteita. Painelaitelaissa säädetään tarkat sijoituspaikan kriteerit painelaitteelle, painelaitteen tarkastusaikavälit ja mitä laitteesta tarkastuksen aikana tarkastetaan, mitä painelaitteesta tarkastetaan ennen laitteen markkinoille tuomista sekä kattilalaitoksen jatkuvan ja jaksottaisen valvonnan kriteerit.

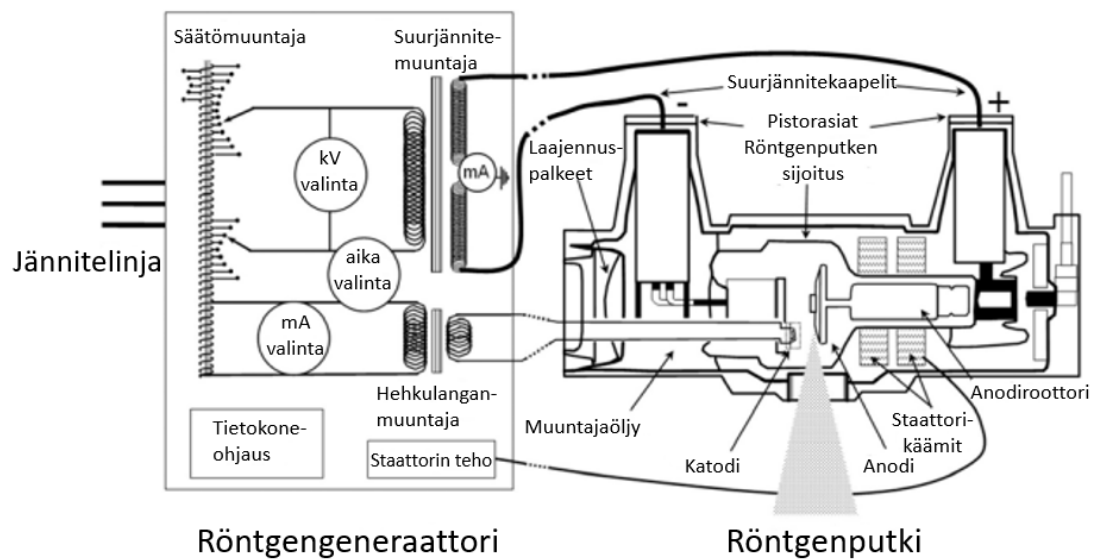
Polttoaineet

Polttoainetta purettaessa polttoainesiiloon, pitää siilon tankopurkaimet ja repijätelat pysäyttää purkamisen ajaksi. Tankopurkainten ja repijäteloen pysäytyksellä varmistetaan se, että jos kuorman purkamisen aikana henkilö tai suurempi esine putoaa siiloon, niin se ei kulkeudu polttoaineen mukana kuljettimelle ja siitä mahdollisesti kattilaan. Polttoainetta purkava kuski pystyy purkupaikalta kytkemään siilon purkaimet ja repijätelan pois päältä kuorman purun ajaksi, tieto purkainten ja repijätelan pysähtymisestä välitetään valvomoon automaattisesti varoitushälytyksen avulla. Kuski kytkee purkaimet ja repijätelan takaisin päälle saatuaan kuorman purettua, jolloin laitteet menevät päälle muuttaman minuutin päästä ja rupeavat syöttämään polttoainetta kuljettimelle asetettujen arvojen mukaisesti. Jos kuski unohtaa kytkeä laitteet takaisin päälle kuorman purun jälkeen, niin järjestelmä yrittää käynnistää laitteita automaattisesti tietyn ajan päästä ja jos se ei siinä onnistu, niin siitä ilmoitetaan käyttöhenkilökunnalle hälytyksellä. Tankopurkaimia ja repijäteloja ei pysty kytkemään etäältä takaisin päälle, jos ne on sammutettu pois päältä purkupaikalta vaan ne pitää käydä kuittaamassa manuaalisesti paikan päältä. Sitten kun laitteet on kytketty takaisin päälle purkupaikalta, pystytään niitä taas ajamaan etänä järjestelmällä. [5]

Isommissa laitoksissa polttoaineen kosteus voidaan mitata suoraan kuljettimelta sen mennessä polttoainesiiloon tai kattilaan. Pienemmissä laitoksissa polttoaineen etämittauslaitteisiin investointi ei ole kannattavaa. Isommissa laitoksissa kosteusmittaus voidaan suorittaa muun muassa käyttämällä infrapunasäteilyä tai röntgen- ja gammasäteilyä. Useimmissa infrapunamittausta käyttävissä sovelluksissa käytetään lähi-infrapun absorptioaallonpituutta kosteuden määrittämiseen. Infrapunamittaukset voidaan jakaa käytettävän aallonpituuden mukaan kolmeen eri kategoriaan. Kategoriat ovat lähi-infrapuna (NIR, Near Infrared), keski-infrapuna (MIR, Middle Infrared) ja kaukoinfrapuna (FIR, Far Infrared). [14]

Röntgenmittauksissa käytetään röntgenputkea, jonka sisällä syntyy säteilyä, kun katoilta irtautuneet elektronit törmäävät anodiin suurella nopeudella. Röntgenputki tarvitsee

toimiakseen röntgengeneraattorin. Röntgengeneraattorin avulla muodostetaan röntgenputken tarvitsema korkeajännite ja virta. Gammasäteilyä saadaan synnitettyä, kun atomin ytimistä vapautuvien energioiden takia ydin hajoaa vakaampaan muotoon. Gammasäteily on hyvin läpäisevää, jonka takia gammalähteet ovat yleensä umpilähteitä. Säteilyn energiaa ja lähteen puoliintumisaikaa käytetään kriteereinä gammalähteen valinnassa. Määritettäessä lähteen elinikää, nyrkkisääntönä on, että viiden puoliintumisajan jälkeen lähde on käyttökelvoton. Kuvassa 7 on esitettyä röntgengeneraattorin ja röntgenputken rakenne. [14]



Kuva 7. Röntgengeneraattorin ja röntgenputken rakenne [14]

Kiinteiden polttoaineiden kosteuden määrittämiseen käytetään uunikuivatusmenetelmää. Menetelmälle on olemassa standardi SFS-EN ISO 18134-2:2015. Muitakin kosteuden mittaamenetelmiä voidaan käyttää, kunhan niiden vastaavuus standardimenetelmään pystytään todentamaan. [3]

Useimmilla laitoksilla polttoaineen hinnoittelu ja laadunvalvonta perustuu käsin tehtävään näytteenottoon. Näytteenotto voidaan toteuttaa kuljetinjärjestelmästä, mutta kuljetin on lähes aina pysäytettävä, kunnes näyte on saatu otettua. Manuaalisesti tehtävässä näytteenotossa on pyrittävä systemaattisuuteen kuormakohtaisia näytteitä tehdessä. Näytteen pitää edustaa koko kuormaa ja kaikki palakoot, jos niitä tulee mukaan, pitää ottaa huomioon näytettä tehdessä. [3]

Ensisijaisena näytteenottopaikkana toimii polttoaineen vastaanottoasema, josta näyte on helppo ottaa kuorman purkamisen yhteydessä putoavasta polttoainevirrasta. Toinen näytteenottopaikka voi olla vastaanottoasemalta lähtevästä kuljettimesta tai kuljettimesta putoavasta kuormasta. Oikein tehtynä näytteenotto manuaalisesti on työlästä, mutta se

kannattaa tehdä huolellisesti, sillä tässä vaiheessa tapahtuu eniten virheitä lopputulokseen. Biopolttoaineille näytteenotto tehdään käyttäen apuna standardia SFS-EN ISO 18135. Ideana on, ettei näytteen koostumus muuttuisi sen käsittelyn aikana. Käsittelyä ennen näyte sekoitetaan ja punnitaan vaa'alla. Vaa'an tarkkuus pitää olla vähintään 0,1 g. Astia, johon näyte laitetaan pitää myös punnita. Kostea näytettä pitää olla vähintään 300 g. Polttoaineen ollessa hienojakoista, kuten esimerkiksi purua, 200 g näytettä riittää tai jos vaa'an tarkkuus on 0,01 g riittää 100 g näytettä (SFS-EN ISO 18134-2:2015). Kerrospaksuus näytteessä pitää olla 1 g materiaalia cm² kohti sekä palakoko saa olla korkeintaan 31,5 mm. Näytteet pitää aina merkitä selkeästi. Jos näytepussin seinämiin on muodostunut kosteutta, pitää se hieroa näytteeseen ennen pussin aukaisemista. Tiivistynyt vesi, joka voidaan hieroa näytteeseen, tulee huomioida näytteen kosteutta laskettaessa. [3]

Lämpökaapin lämpötilan pitää olla 105 ± 2 °C sekä kostea ilma pitää saada pois kaapista tuuletusventtiilin kautta. Kaapin lämpötilaa tarkkaillaan säännöllisesti. Lämpökaapin pitää olla puhdas ennen kuivatuksen aloittamista, eikä kaappia saa laittaa liian täyteen tai että näytteet koskevat kaapin seinämiä tai pohjaa. Näyte on valmis, kun sen massassa ei ole tapahtunut muutosta 60 minuutin aikana enempää kuin 0,2 p-%. Näytettä voi kuivata maksimissaan 24 tuntia, mutta jos näytettä on riittävän paksu kerros ja palakoko korkeintaan 31,5 mm, pitäisi 16 tuntia riittää. Näyte pitää punnita heti kaapista ottamisen jälkeen, ettei laboratoriossa oleva ilmankosteus imeydy näytteeseen [3]

Painelaitteet

Painelaitelakia sovelletaan painelaitteisiin ja alusten painelaitteisiin. Painelaitteella tarkoitetaan säiliötä, putkistoa tai muuta teknistä kokonaisuutta, jossa on tai johon voi kehittyä ylipainetta, sekä laitteen suojaamiseksi tarkoitettuja teknisiä kokonaisuuksia. Laki sanoo, että ”painelaite on suunniteltava ja valmistettava, sitä on hoidettava ja käytettävä ja se on tarkastettava niin, ettei se vaaranna kenenkään terveyttä, turvallisuutta eikä omaisuutta. Painelaitteessa on oltava riittävät käyttöturvallisuuden varmistavat laitteet ja laitejärjestelmät ja niiden on toimittava asianmukaisesti.” Omistajan ja haltijan tulee varmistaa, että painelaite on sijoitettu niin, että: [12]

- 1) vaurio- tai käyttöhäiriötilanteessa aiheutuva vaara on mahdollisimman vähäinen;
- 2) painelaitetta pystytään käyttämään asianmukaisesti laitteen käyttötarkoituksen edellyttämällä tavalla;
- 3) painelaite pystytään asianmukaisesti tarkistamaan ja pitämään kunnossa. [12]

Lisäksi on huolehdittava, että laitetta ympäröivät tilat ja rakenteet on suunniteltu ja toteutettu niin, että vaurio- tai käyttöhäiriötilanteesta aiheutuva vaara on mahdollisimman vähäinen. Laki määrää myös omistajan laatimaan asianmukaisen sijoitussuunnitelman painelaitteelle, jos se voi aiheuttaa merkittävää vaaraa sijoituspaikkansa takia. [12]

”Vaurio- ja onnettomuustilanteessa omistajan ja haltijan on ryhdyttävä toimenpiteisiin vaurioituneen painelaitteen korjaamiseksi tai poistamiseksi käytöstä. Omistajan tai haltijan on viipymättä ilmoitettava valvontaviranomaiselle painelaitteen vaurioitumisesta tai paineen äkillisestä purkautumisesta aiheutuneesta henkilövahingosta tai merkittävästä omaisuusvahingosta ja avustettava valvontaviranomaista tämän tapahtuman tutkimuksessa.” Valmistajilla on myös velvollisuus ilmoittaa, ”jos painelaitteen vaurioitumisesta tai paineen äkillisestä purkautumisesta aiheutuu henkilövahinko tai merkittävä omaisuusvahinko painelaitteen valmistukseen liittyvän testauksen aikana, valmistajan on viipymättä ilmoitettava tapahtumasta valvontaviranomaiselle.” Yleisestä velvollisuudesta ilmoittaa onnettomuudesta tai vaaratilanteesta Onnettomuustutkintakeskukselle säädetään turvallisuustutkintalaissa. [12]

Lain 14 §:ssä sanotaan, että ”markkinoille saatettava painelaite on suunniteltava, valmistettava, tarkastettava, varustettava ja asennettava siten, että sen turvallisuus pystytään takaamaan, jos painelaitetta käytetään valmistajan ohjeiden mukaisesti tavallisissa ja kohtuudella ennakoitavissa olevissa käyttöolosuhteissa.” Painelaitteen suunnittelussa on otettava huomioon kaikki sellaiset tekijät, joiden ansiosta on mahdollista taata laitteen turvallisuus koko sen käyttöiän ajan. ”Painelaitteen valmistuksessa on käytettävä sellaista tekniikkaa ja valmistusmenetelmiä, että sille suunnitteluvaiheessa vahvistetut edellytykset voidaan täyttää. Jos virheellisestä käytöstä aiheutuva vaara on tiedossa tai ennakoitavissa, painelaite on suunniteltava siten, että tällaisesta virheellisestä käytöstä aiheutuvat riskit voidaan välttää tai jollei tämä ole mahdollista, painelaitteen käyttäminen riskiä aiheuttavalla tavalla on kiellettävä.” Valmistajan on kiinnitettävä painelaitelain luvun 3 vaatimukset täyttävään painelaitteeseen tai sen arvokilpeen CE-merkintä ennen laitteen markkinoille saattamista, jollei muualla laissa erikseen toisin säädetä. [12]

Painelaitteiden luokituksesta lain 23 §:ssä sanotaan, että ”painelaitteet luokitellaan vaaran suuruuden mukaan eri luokkiin. Painelaitteeseen soveltuvat vaatimustenmukaisuuden arviointimenettelyt määräytyvät sen mukaan, mihin luokkaan painelaite kuuluu. Valtioneuvoston asetuksella annetaan tarkempia säädöksiä painelaitedirektiivissä säädetystä painelaitteiden luokituksesta.” [12]

"Maahantuoja saa tuoda markkinoille ainoastaan olennaiset turvallisuusvaatimukset täyttäviä painelaitteita." Maahantuojan pitää ennen painelaitteen markkinoille saattamista varmistaa painelaitteesta, että:

- 1) "valmistaja on suorittanut lain 16 §:ssä tarkoitetun vaatimustenmukaisuuden arvioinnin;"
- 2) "valmistaja on laatinut painelaitteelle tekniset asiakirjat;"
- 3) "painelaitteeseen on kiinnitettynä CE-merkintä;"
- 4) "painelaitteen mukana on EU-vaatimustenmukaisuusvakuutus;"
- 5) "painelaitteeseen on kiinnitettynä lain 18 §:n 2 momentissa tarkoitetut laitteen tunnistustiedot ja 3 momentissa tarkoitetut valmistajan tiedot;"
- 6) "painelaitteeseen liitetään ohjeet ja turvallisuustiedot suomen tai ruotsin kielellä."

Maahantuojan on myös ilmoitettava valmistajalle tai valvontaviranomaiselle, jos painelaitteesta aiheutuu jonkinlaista vaaraa. Maahantuojan pitää myös varmistaa, ettei laitteen vaatimustenmukaisuus vaarannu sen vastuulla olevan varastoinnin tai kuljetuksen aikana. "Maahantuojan on ilmoitettava nimensä, rekisteröity tuotenimensä tai rekisteröity tavaramerkkinsä ja postiosoitteensa, josta maahantuojan tavoittaa." Maahantuojan tiedot on oltava myös painelaitteessa, painelaitteen pakkauksessa tai tuotteen mukana seuraavassa asiakirjassa. Maahantuojan täytyy kymmenen vuoden ajan laitteen markkinoille saattamisesta, pitää tallessa jäljennöstä EU-vaatimustenmukaisuusvakuutuksesta valvontaviranomaisille sekä varmistettava, että viranomaiset pääsevät käsiksi teknisiin asiakirjoihin. [12]

Lain luvussa 9 puhutaan painelaitteiden rekisteröinnistä ja tarkastamisista. "Omistajan tai haltijan on ilmoitettava painelaite rekisteröitäväksi lain 55 §:ssä säädetyn ensimmäisen määräaikaistarkastuksen yhteydessä, jos painelaite voi aiheuttaa merkittävää vaaraa. Omistajan tai haltijan on tehtävä rekisteröintiä koskeva ilmoitus tarkastuslaitokselle. Ilmoituksesta on käytävä ilmi painelaitteen tekniset tiedot, sijainti sekä painelaitteen valmistaja, maahantuoja, omistaja ja käytön valvoja. Rekisteröitävän painelaitteen omistajan tai haltijan on ilmoitettava valvontaviranomaiselle painelaitteen omistajaa, haltijaa, sijaintia ja käytön valvojaa koskevien tietojen muutokset. Tarkastuslaitoksen on tarkastettava rekisteröintiä koskeva ilmoitus ja täydennettävä se ensimmäisen määräaikaistarkastuksen ajankohtaa ja tarkastuksen tuloksia koskevilla tiedoilla ja seuraavan määräaikaistarkastuksen tarkastuslajia ja ajankohtaa koskevilla tiedoilla sekä toimitettava nämä tiedot valvontaviranomaiselle." [12]

Omistajan on huolehdittava, että painelaitteelle tehdään laitteen käyttöönottaessa ensimmäinen määräaikaistarkistus. Ensimmäisessä määräaikaistarkastuksessa laitteesta tarkastetaan, että siinä on asianmukaiset merkinnät ja laitteelle on laadittu käyttöohje lain 18 §:ssä tarkoitetulla tavalla ja EU-vaatimustenmukaisuusvakuutus on laadittu oikein. Ensimmäisessä tarkastuksessa tarkistetaan myös, että laite on sijoitettu 6 §:ssä tarkoitetulla tavalla sekä, että laitetta voidaan turvallisesti käyttää siinä järjestelmässä, johon se on kytketty. Lisäksi tarkastetaan, että painelaitteessa on riittävät käyttöturvallisuuteen vaikuttavat laitteet ja ne toimivat asianmukaisesti. Laitoskohtainen toteutus ja laitoksen elektroninen tai ohjelmoitava automaatiojärjestelmä, joka sisältää suojaus- ja lukitustoiminnot, tarkastetaan myös ensimmäisessä määräaikaistarkastuksessa. Omistaja pitää huolen, että laitteelle tehdään painelaitelain 56–59 §:ssä tarkoitetut määräaikaistarkastukset tai ne korvataan 63 ja 64 §:ssä säädetyillä tavoilla. [12]

Painelaitteelle on suoritettava käyttötarkastus tietyn aikavälein ja aikavälit voivat enintään olla taulukon 6 mukaiset.

Taulukko 4. *Painelaitteiden tarkastusvälit*

Kaksi vuotta	Neljä vuotta
<ul style="list-style-type: none"> • höyry- ja kuumavesikattilat • autoklaavit • paineella tyhjennettävä kuljetussäiliö, joka on paineellinen vain tyhjennettäessä • lujitemuoviset säiliöt • kalkki- ja sementtituotteiden karkaisuun käytettävät painesäiliöt 	<ul style="list-style-type: none"> • Kaikki muut painelaitteet

Painelaitteen käyttötarkastuksessa painelaitteesta tarkistetaan, että:

- 1) painelaitteeseen on asennettuna riittävät käyttöturvallisuuden varmistavat laitteet ja laitejärjestelmät ja ne toimivat asianmukaisesti;
- 2) painelaitteen käytön valvojalla on lain 72 §:ssä tarkoitettu pätevyys ja asiantuntemus;
- 3) painelaitteen, sen varusteiden, eristeiden, sääsuojiin ja muiden ulkoisten rakenteiden kunto on asianmukainen
- 4) painelaite pystyy toimimaan turvallisesti siinä järjestelmässä, johon se on liitetty;
- 5) ”kattilalaitoksen vaaran arviointi on tehty lain 65 §:ssä säädetyllä tavalla ja kattilalaitoksen käytön valvonnan vaatimukset täyttävät lain 75 §:ssä säädetyllä tavalla.”

”Painelaitteen sisäpuolisessa tarkastuksessa on tarkastettava, että painelaitteessa ja sen varusteissa ei ole vikoja eikä ominaisuuksia, jotka voivat vaarantaa painelaitteen turvallisen käytön. Painelaitteeseen liittyvän putkiston tarkastukset voidaan korvata lain 63 §:ssä säädetyllä seurannalla. Seurannasta ei tarvitse ilmoittaa valvontaviranomaiselle.” Sisäpuolisten tarkastusten aikavälit saavat olla enintään 2–8 vuotta riippuen säiliön rakennusmateriaalista. Joka toisen sisäpuolisen tarkastuksen yhteydessä on myös tehtävä painelaitteelle painekoe. Painelaitteen painekokeessa on todettava, että painelaitteen paineenalaiset seinämät ovat tiiviit ja rakenteissa ei esiinny turvallisuutta vaarantavia muodonmuutoksia. Valmistajan mahdollisesti laatima ohje on otettava huomioon painekoetta tehtäessä. Koetta ei tarvitse tehdä painesäiliölle ja putkistolle, joiden sisäpuolisessa tarkastuksessa on voitu riittävästi varmistua rakenteen eheydestä ja lujuudesta. Perustelut kokeen tekemättä jättämiseen pitää esittää tarkastuspöytäkirjassa ja mahdollisuus kokeen tekemättä jättämiseen arvioidaan uudestaan seuraavassa sisäpuolisessa tarkastuksessa. Määräaikaistarkastukset voidaan korvata osittain tai kokonaan rekisteröidyn painelaitteen omistajan tai haltijan suorittamalla painelaitteen seurannalla, jos painelaitteen turvallisuudesta voidaan seurannan avulla varmistua. [12]

Kattilalaitoksessa omistajan pitää tehdä vaaran arviointi käyttöönoton jälkeisen turvallisuuden varmistamiseksi, jos painelaite on painelaiterikisteriin rekisteröitävä höyrykattila, joka on teholtaan yli 6 MW tai painelaiterikisteriin rekisteröitävä kuumavesikattila, joka on teholtaan yli 15 MW tai jos painelaite sijoitetaan maan alle. Vaaran arvioinnista on käytävä ilmi kattilalaitoksen käytöstä aiheutuvat vaaratilanteet ja olosuhteet, joissa onnettomuus tai tapaturma on mahdollinen. Arvioinnista pitää myös käydä ilmi minkälaisia

vaaratilanteita laitoksen käyttötekniikasta aiheutuu ja arvioinnissa pitää olla kuvaus suurimmista ja tyypillisimmistä mahdollisista vaaratilanteista sekä niihin johtavista virhetoinnoista, käyttövirheistä, vaurioista, laitteiden vikaantumisista tai muista syistä. Vaaran arvioinnissa esille tulleisiin vaaratilanteisiin pitää varautua ja niistä on selvitettävä, miten vaaratilanteiden ehkäisemiseen on varauduttu kattilalaitoksen normaalikäytön, korjaus- ja huoltotöiden sekä eri häiriötilanteiden yhteydessä. Lisäksi on käytävä ilmi, minkälaisiin toimenpiteisiin tehtyjen selvitysten takia on ryhdytty ja minkälaisia eri suojausjärjestelmiä edellä tunnistettujen vaarojen estämiseksi tai niiden seuraamusten pienentämiseksi on tarkoitus käyttää. Pitää myös selvittää, mitkä kaikkea järjestelmien toiminnoilta ja luotettavuudelta vaaditaan ja miten vaatimusten täyttyminen on varmistettu. Tarkastuslaitos tarkistaa vaaran arvioinnin. Jos tarkistuksen yhteydessä tarkastuslaitos havaitsee, että ”painelaitteen käyttö aiheuttaa välitöntä vaaraa, on tarkastuslaitoksen kehotettava käytön valvojaa, omistajaa tai haltijan edustamaa ryhmää ryhtymään heti toimenpiteisiin vaaran poistamiseksi.” Tarkastuslaitos ilmoittaa asiasta kirjallisesti painelaitteen omistajalle tai haltijalle sekä lähettää myös ilmoituksesta jäljennöksen valvontaviranomaisille ja käytön valvojalle. [12]

Omistajan tai haltijan pitää nimetä rekisteröidyn painelaitteen asianmukaista käyttöä vahtimaan käytön valvoja, jolla on tehtävään painelaitelain 72 §:ssä säädetty pätevyys. Omistajan tai haltijan pitää huolehtia, että käytön valvojalle toimitetaan kaikki painelaitteen käyttöön ja kuntoon liittyvät seikat ja käytön valvojalle annetaan mahdollisuus käyttää ja hoitaa painelaitetta siten, että siitä ei aiheudu vaaraa ihmisille tai omaisuudelle. Omistaja tai haltija huolehtii myös yhden tai useamman käytön varavalvojan nimeämisen, jotka toimivat käytön valvojina, jos varsinainen käytön valvoja on estynyt hoitamaan tehtäviään. Omistaja tai haltija vastaa myös painelaitetta käyttävän henkilökunnan asianmukaisesta koulutuksesta ja tehtäviin perehdyttämisestä. [12]

Kattilalaitoksen painelaiterekisteriin rekisteröityjä höyry- ja kuumavesikattiloita on valvottava käytön aikana joko jatkuvasti tai jaksottaisesti. Jatkuvassa käytön valvonnassa painelaitteen käyttäjän on pystyttävä ohjauspaikan laitteistolla valvomaan ja ohjaamaan kattilalaitoksen turvallisuuden kannalta oleellisia käyttösuureita. Lisäksi ohjauspaikan laitteistolla on pystyttävä ohjaamaan kattila turvalliseen tilaan häiriötilanteen sattuessa. Kattilalaitoksen miehityksen pitää olla järjestettynä siten, että käyttäjä pääsee kattilalaitokselle viiden minuutin kuluessa häiriötilanteen havaitsemisesta suorittamaan tarvittavat käyttö- ja turvallisuustoimenpiteet. [12]

Valtioneuvoksen asetuksessa painelaiteturvallisuudesta käsitellään muun muassa kattilalaitoksen käytön valvontaa. Jatkuvassa käytön valvonnassa:

- 1) ohjauspaikalla käytettävällä laitteistolla pitää pystyä ohjaamaan ja valvomaan kattilalaitoksen turvallisuuden kannalta keskeisiä käyttösuureita;
- 2) ohjauspaikalla käytettävällä laitteistolla pitää pystyä ohjaamaan kattila häiriötilanteessa turvalliseen tilaan
- 3) kattilalaitoksessa olevan miehityksen pitää olla järjestettynä siten, että käyttäjän on mahdollista päästä kattilalaitokselle tekemään tarvittavat käyttö- ja turvallisuustoimenpiteet viiden minuutin kuluessa häiriön havaitsemisesta. [13]

Jaksottaisessa käytön valvonnassa kattilassa pitää olla asennettuna jaksottaiseen valvontaan tarvittavat varmistetut varojärjestelmät, jotka turvallisesti, luotettavasti ja automaattisesti estävät sallittujen käyttö- tai raja-arvojen ylittymisen tai alittumisen sekä tarvittaessa ohjaavat automaattisesti kattilan turvalliseen tilaan. Kattilaa kylmäkäynnistettäessä pitää painelaitteen käyttäjän olla paikalla kattilalaitoksessa. Kattilalaitoksissa tehtävien valvonta- ja tarkastuskäyntien aikaväleissä pitää huomioida laitoksen käyttö- ja valvontajärjestelyt sekä vaaran arviointi. Kattilalaitoksissa tehtävien valvontakäyntien aikaväli voi olla maksimissaan 84 tuntia. Painelaitteen käyttäjän pitää olla ohjauspaikalla jatkuvasti, eikä valvontakäyntien aikaväli saa olla suurempi kuin 24 tuntia, jos kyseessä on:

- 1) höyrykattila, joka on teholtaan yli 20 MW ja jossa poltetaan kiinteää polttoainetta;
- 2) höyrykattila, joka on teholtaan yli 20 MW ja jossa tulipesään varastoitunut energiamäärä pystyisi vahingoittamaan kattilaa toimintahäiriön sattuessa;
- 3) muu höyrykattila, joka on teholtaan yli 40 MW. [13]

Ohjauspaikalta pitää olla varmennettu yhteys kattilalaitokselle ja yhteyden katkeamisen vaikutukset pitää ottaa huomioon käyttöturvallisuuteen vaikuttavissa laitteissa ja laitejärjestelmissä. Käyttöturvallisuuteen vaikuttavien laitteiden ja laitejärjestelmien pitää tarvittaessa pystyä pysäyttämään kattilalaitoksen kattilat, kun järjestelmään tulee käyttöhäiriö tai vakavampi poikkeama, joka vaatii kattiloiden alasajoa. Ohjauspaikalla saa toimia vain ammattitaitoinen ja asianmukaisen koulutuksen ja perehdytyksen tehtäviinsä saanut kattilalaitoksen henkilökunta. [13]

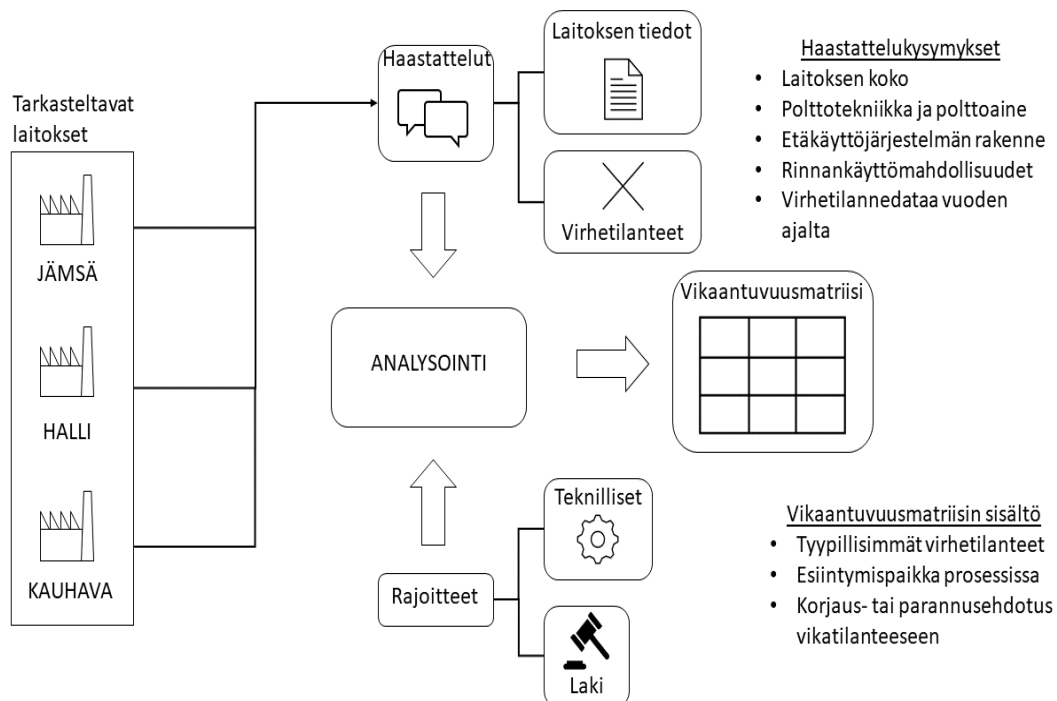
”Turvallisuus- ja kemikaalivirasto pitää yllä painelaiterekisteriä painelaitteiden turvallisen käytön valvontaa varten sekä sen varmistamiseksi, että rekisteröidyt painelaitteet tarkastetaan säädetyin aikavälein ja painelaitteille on nimetty pätevyysvaatimukset täyttävä käytön valvoja.” Rekisteriin merkityt tiedot poistetaan heti, kun ne eivät ole enää tarpeellisia valvontaa varten. [12]

4. AINEISTO JA MENETELMÄT

Tässä luvussa esitellään haastattelututkimuksilla laitoksista saatua aineistoa ja kuvataan tutkittavat laitokset. Luvussa esitetään myös, kuinka tutkimus on tarkoitus toteuttaa ja kuinka tutkimuksen tulisi edetä sekä mitä halutaan saada lopputuotokseksi. Tarkasteltavat laitokset on valittu niiden samankaltaisten polttotekniikoiden tai saman poltettavan polttoaineen mukaan, jotta vertailu olisi helpompaa ja samankaltaisuuksia pystyttäisiin löytämään laitosten virhe- ja vikatilanteiden välillä.

4.1 Tutkimuksen eteneminen

Työssä on tarkoituksena tutkia tarkemmin kolmea eri polttolaitosta ja kuinka etäkäyttö on niissä toteutettu. Työssä tutkitaan myös laitosten etäkäytöstä aiheutuvia virhe- ja vikatilanteita ja koostetaan saaduista tuloksista vikaantuvuusmatriisi. Laitoksista saatavat tiedot ja virhetilastot hankitaan haastatteleamalla laitosten omistavia yrityksiä, joko paikan päällä vierailen tai sähköpostin välityksellä. Liitteessä D on esitetty haastattelututkimuksessa käytetty runko. Kuvassa 8 on esitetty kaaviokuva tutkimuksen etenemisestä ja sen tutkintatavoista.



Kuva 8. Tutkimuksen etenemissuunnitelma

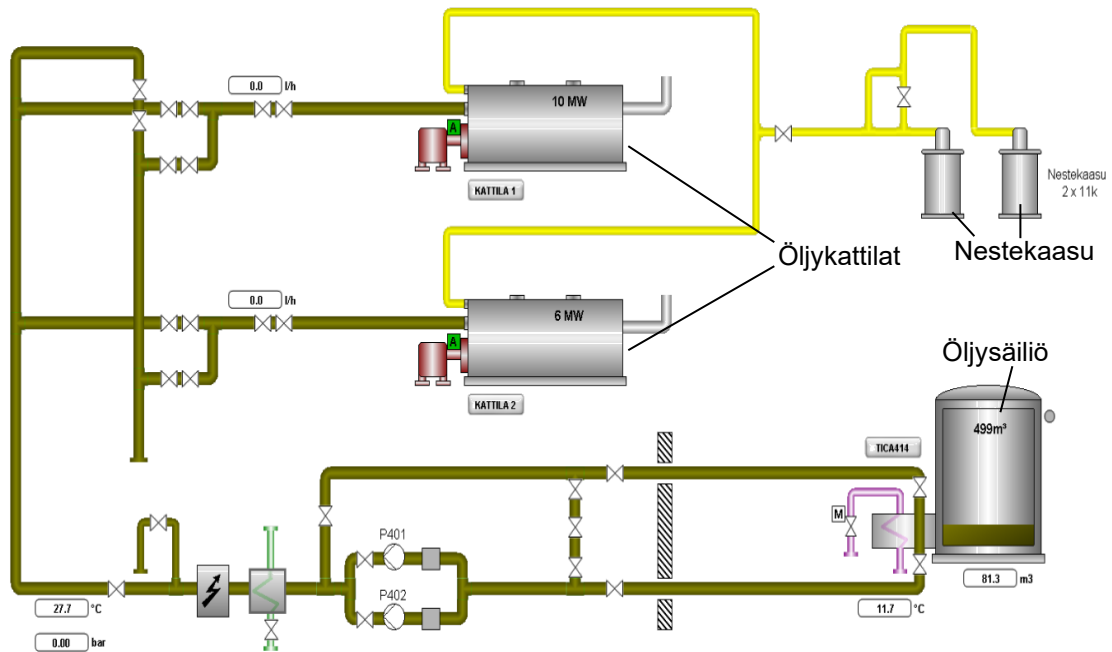
Laitosten ajoon ja toimintaan liittyy myös erilaisia rajoitteita, joita tutkitaan kirjallisuutta ja lakitekstejä apuna käyttäen. Rajoitukset voivat olla teknillisiä rajoitteita tai ne voivat olla lailla määrättyjä tarkastus- ja toimintatapoja. Lakiteksteihin ja standardeihin päästään tutustumaan SFS-onlineen kautta kirjautumalla yliopiston tunnuksilla sisään. Haastattelutulosia sekä kirjallisuudesta ja lakiteksteistä selvitettyjä rajoitteita analysoimalla luodaan vikaantuvuusmatriisi. Analysointi tapahtuu vertailemalla valittujen laitosten tyypillisimpiä virhe- ja vikatilanteita ja etsimällä niistä yhtäläisyyksiä. Analysoinnissa kiinnitetään huomiota myös laitoksen polttotapaan ja käytettävään polttoaineeseen sekä vaikuttavatko nämä kirjallisuudessa esitettäviin rajoitteisiin. Vikaantuvuusmatriisista selviää, mitkä ovat tyypillisiä vikatilanteita tietynlaisissa polttolaitoksissa ja mitenkä niihin voidaan puuttua ja mahdollisesti ehkäistä.

4.2 Kohteiden kuvaus

Työssä tutkitaan laitoksia kolmelta eri paikkakunnalta ja niissä esiintyviä vikatilanteita. Tutkittavat kohteet ovat Jämsässä sijaitseva 10 MW kevyen polttoöljyn laitos, Hallissa sijaitsevat 4 ja 7 MW:n KPA-laitokset sekä Kauhavalla sijaitseva 10 MW:n KPA-kattilalaitos, jossa on myös lämmön talteenotto (LTO).

Jämsän Pietilässä sijaitseva kevyen polttoöljyn laitos on jätetty huippu- ja varakäyttöön ja sitä käytetään UPM:n Jokilaakson tehtaiden voimalaitosten huoltoseisokkien aikana, jolloin Jämsänkosken tehtaalta ei pystytty saamaan riittävästi ostoenergiaa. Muissa tilanteissa Jämsän Aluelämpö Oy hankkii toimittamansa lämmön Jämsän ja Jämsänkosken alueille pääosin ostona UPM:n Kaipolan ja Jämsänkosken paperitehtaiden voimalaitoksilta. 2018 vuoden alussa tulleen PIPO-asetuksen takia, raskaan polttoöljyn käyttö polttoaineena lopetettiin ja säiliöt tyhjennettiin ja tilalle vaihdettiin kevyttä polttoöljyä.

Kattila on Noviter Oy:n kolmivetoinen tulitorvi-tuliputkikattila. Polttimena käytetään Ray:n valmistamaa öljypoltinta. Sytytys tapahtuu nestekaasun ja jännitekipinän avulla. Kattila pystytään käynnistämään etänä käyttämällä etäyhteyden kautta toimivaa tablettia tai kannettavaa tietokonetta tai vaihtoehtoisesti jopa Hallin lämpölaitoksen päätteeltä. Jotta kattila pystytään käynnistämään etänä, pitää paineenkorotuspumppu pysäyttää, koska veden kiertosuunta muuttuu. Jämsän laitoksella on myös mahdollista ottaa rinnankyttölle 6 MW öljykattila. Kattiloita voidaan ajaa joko vakioitehoilla tai niiden säädössä voidaan käyttää suhteellista tehonjakoa. Kaukolämpöpumppuja on kaksi kappaletta ja ne ovat rinnankytkettyjä. Pumput ovat joko vuoron perään käytössä ja toinen varalla tai molemmat samaan aikaan. Kuvassa 9 on esitetty kuva Jämsän kevyen polttoöljyn kattiloista. [5]

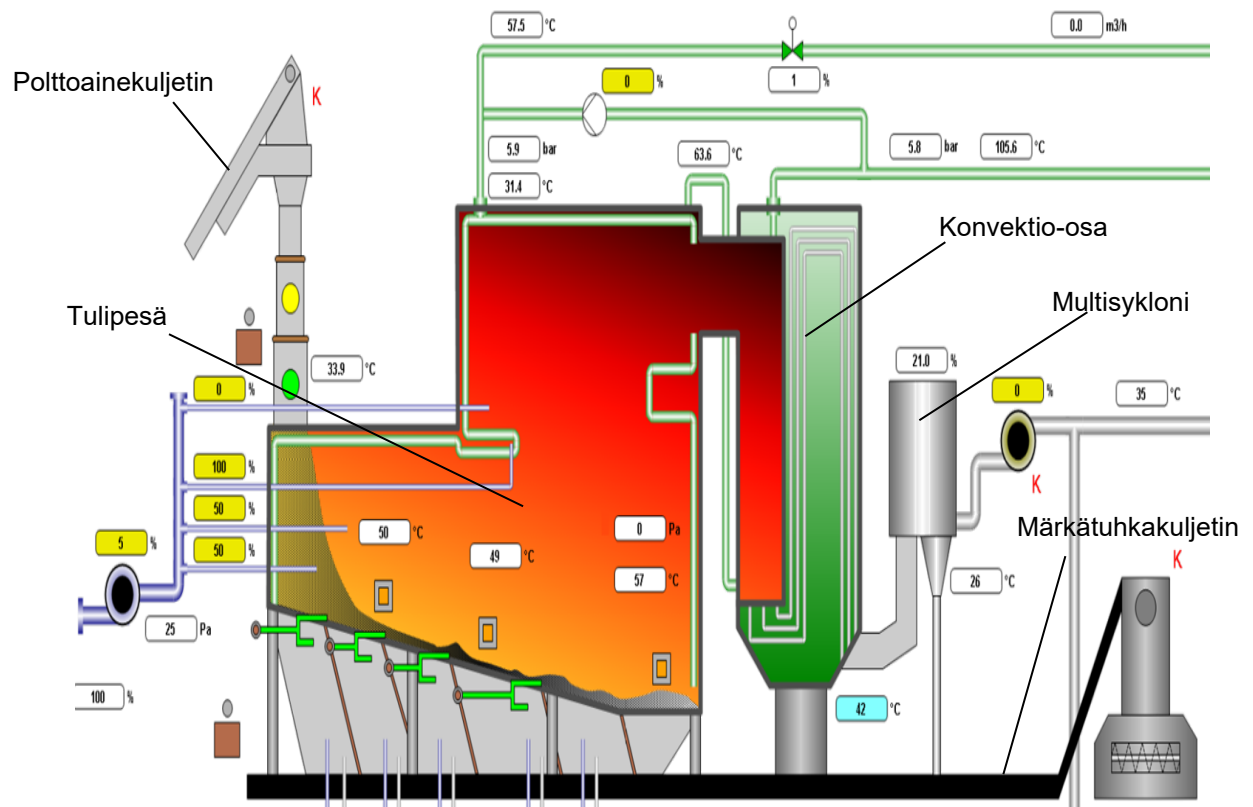


Kuva 9. Jämsän kevyen polttoöljyn kattilat [5]

Hallissa sijaitsee kaksi KPA-laitosta, jotka ovat tehoiltaan 4 ja 7 megawattia. Laitoksissa tuotettu kaukolämpöenergia tuotettiin suurimmalta osin metsähakkeella (kokopuu- ja rankahake). Molemmat laitokset ovat etäältä ajatettavia laitoksia, joissa tulee tehdä tarkastuskäyntejä säännöllisin väliajoin.

7 MW kattila on tyypiltään viistoarinakattila, jossa on sekä liikkuvia ja kiinteitä arinoita. 7 MW kattilan polttoainesilo on kolme metriä maan alle upotettuna ja sen tilavuus on noin 600 m³. Silo on jaettu neljään eri lohkokoon, joista yksi on erotettu väliseinällä. Jokaisen lohkon pohjalla on kolme tankopurkainta, joita voimakkaat hydraulisylinterit liikuttavat edestakaisin ja ovat ohjelmoitavissa myös kaukokäytöstä. Jokaisessa lohossa on oma repijätela, joka varmistaa ja ehkäisee suurempien polttoainekokkareiden joutumisen kolakuljettimelle ja näin tukkivan kuljettimen. Repijätelat ovat taajuusmuuntajaohjattuja, eikä niiden lähtömomenttiarvoja voi muuttaa kaukokäytöllä. [5]

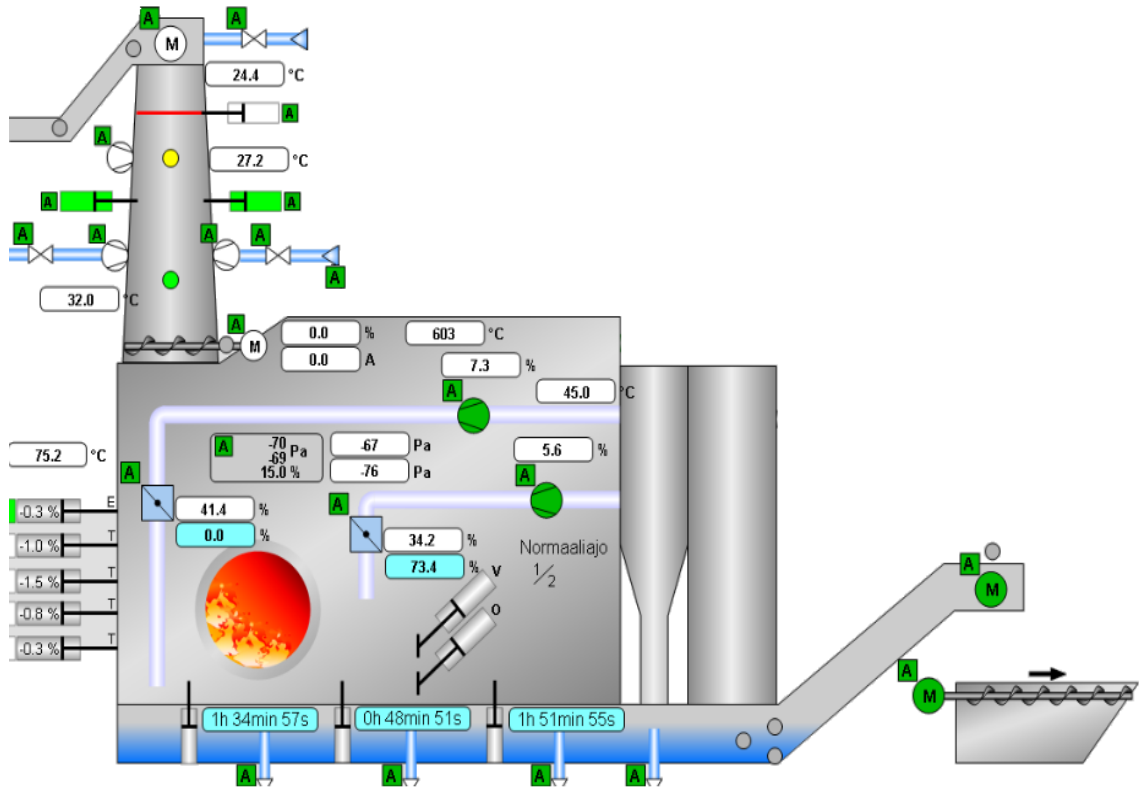
Tankopurkaimet siirtävät polttoaineen kolakuljettimelle, joka siirtää polttoaineen kattilan syöttösuppilon. Kolakuljettimella sijaitsee ruuhkavahdit, jotka hälyttävät ylikuormasta ja pysäyttävät tankopurkaimet, ettei lisää polttoainetta syötetä kolakuljettimelle. Syöttösuppilon on lain määräämät kaksi sulkupeltiä, jotka eivät koskaan saa olla samaan aikaan auki kattilan käydessä. Syöttösuppilon yläosaan on asennettuna sprinklausjärjestelmä, joka laukeaa hälytys- ja lukitusrajojen ylittyessä. Sprinklausjärjestelmää ohjaavan anturin raja-arvoa ei voi muuttaa kaukokäytöllä. Syöttösuppilon on lämpötila-anturi, joka varoittaa päivystäjää lämpötilan noususta kaukokäytöllä. Kuvassa 10 on esitetty Hallin 7 MW:n kattila. [5]



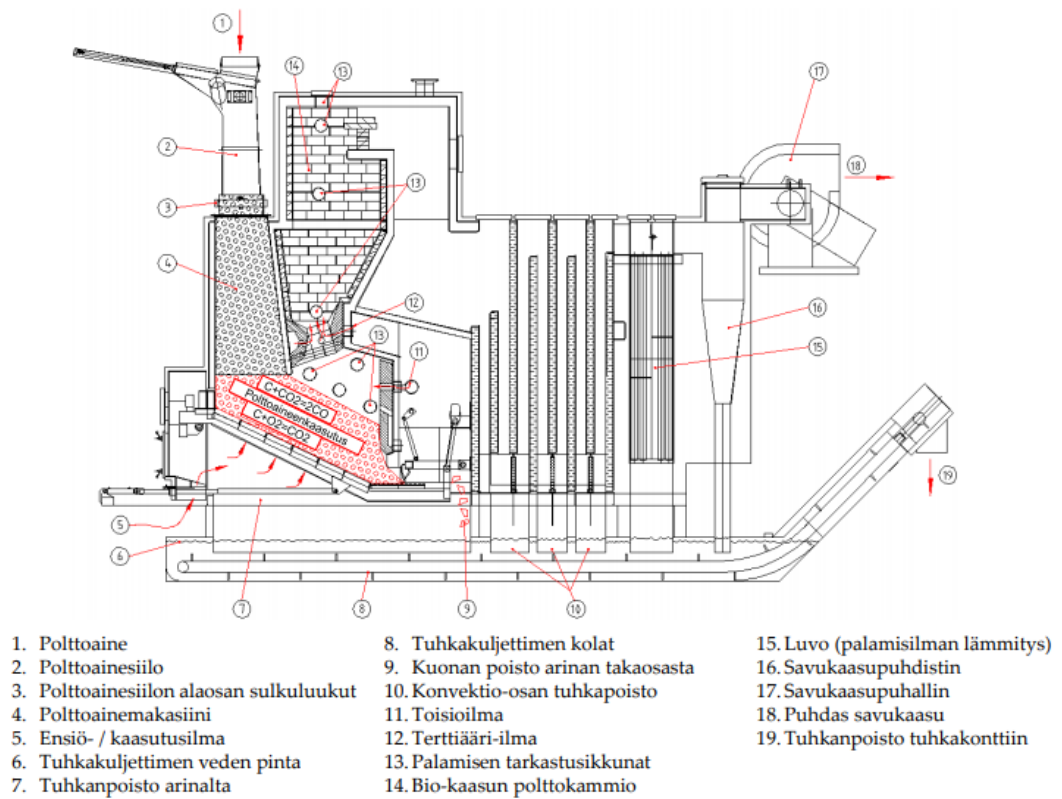
Kuva 10. 7 MW arinakattila, Halli [5]

Uudempaa 4 MW:n laitosta aloitettiin suunnitteleman vuoden 2015 aikana ja tavoitteeksi oli asetettu, että voitaisiin tuottaa lämpöenergiaa biopolttoaineilla myös sähkökatkosten aikana. Laitos saatiin rakennettua 2017 vanhan 7 MW: laitoksen viereen. Uudempi laitos on polttotekniikaltaan kaasutuslaitos.

Myös 4 MW:n laitoksen polttoainesilo on sijoitettu kolme metriä maan pinnan alle. Siinä on kolme lohkoa, joissa jokaisessa on kolme tankopurkainta ja oma repijätela. Laitokseen hankittiin myös uusi 240 kVA:n siirrettävä varavoimakone, joka liitettiin jo käytössä olleen varavoimakoneen kanssa samaan sähkönjakelujärjestelmään. Molempien varavoimakoneiden ollessa käytössä sähkökatkon aikana, voidaan KPA-kattilan/-kattiloiden käyttöä jatkaa normaalisti, eikä kattiloiden käyttöä tarvitse estää ja varalla olevia öljykattiloita käynnistää. Uuden biolämpölaitoksen ansiosta pystytään ajamaan tuotantoa kovillakin pakkasilla. Ennen uutta laitosta, huippukuormia jouduttiin tasaamaan öljykattiloiden tuotannolla. Hallin KPA-kattiloiden rinnanajosta on tehty automaattinen ja käyttäjän helposti aseteltavissa oleva ja tuotantoa voidaan ajaa molemmilla KPA-kattiloilla häiriötilanteissa. Jos verkkoon lähtevän veden lämpötila laskee alle käyttäjän asettaman rajan, lähtee 2MW:n öljypoltin automaattisesti päälle ja auttaa tasaamaan kuormaa. Kuvassa 11 on Hallin uuden laitoksen 4 MW:n kaasutuskattila ja kuvassa 12 on saman kattilan kaaviokuva, johon on nimetty kattilan eri osat. [5]

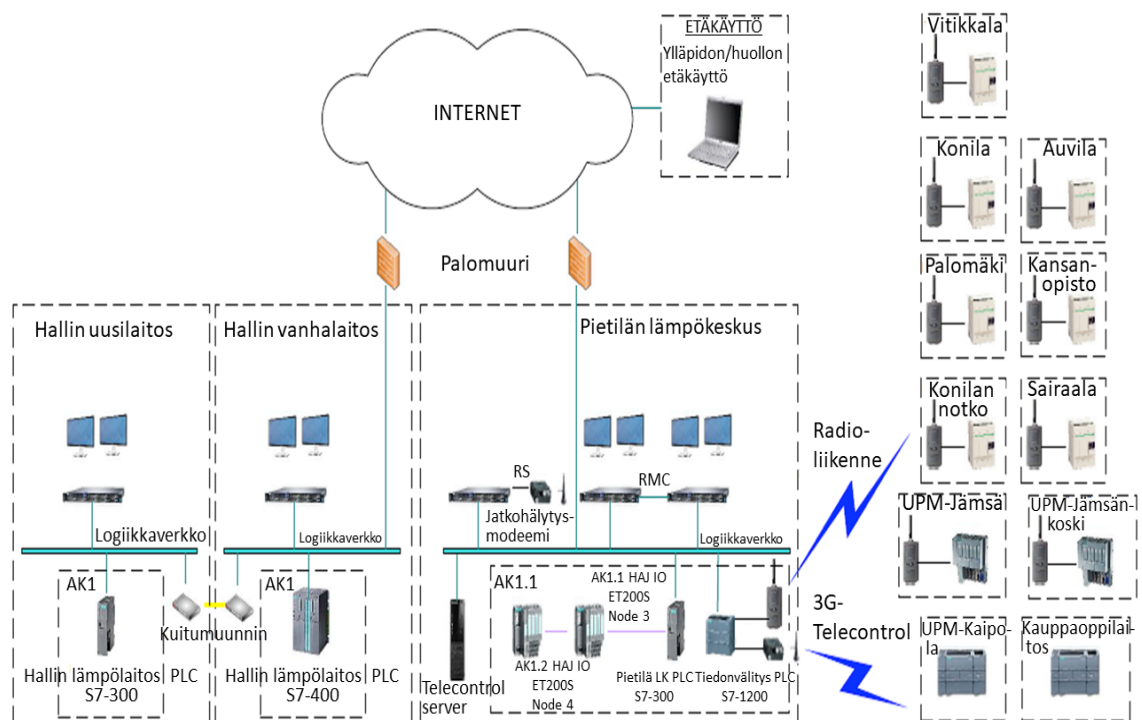


Kuva 11. 4 MW kaasutuskattila, Halli, näkymä valvomon kaukovalvonnan päätteeltä [5]



Kuva 12. Kaaviokuva 4MW kaasutuskattilasta [17]

Jämsän ja Hallin laitokset ovat kytkettynä samaan etäkäyttöjärjestelmään. Järjestelmään pääsee käsiksi minkä tahansa järjestelmään kytketyn laitoksen valvomon päätteiltä tai vaihtoehtoisesti käyttämällä etäkäyttöön tarkoitettua konetta tai tablettia ja ottamalla VPN-yhteyden verkon yli etäkäyttöjärjestelmään. Kaikkia laitoksissa säädettäviä arvoja voidaan muuttaa millä tietokoneella tahansa, kunhan se on kytkettynä etäkäyttöjärjestelmään, eli toisin sanottuna Jämsän lämpökeskuksen ajoarvoja voidaan muokata tarvittaessa Hallin lämpölaitoksista ja päinvastoin. Etäkäyttöjärjestelmään on kytkettynä myös paineenmittausasemia, jotka mittaavat Jämsän kaukolämpöverkon painetta verkon eri kytköskohdissa. Paineen laskiessa verkossa liian alhaiseksi, aiheutuu tilanteesta hälytys ja paineenkorotuspumppujen pitäisi lähteä automaattisesti päälle tasaamaan verkon painetta. Kuvassa 13 on esitetty Hallin ja Jämsän laitoksissa käytettävän etäkäyttöjärjestelmän rakenne. [5]

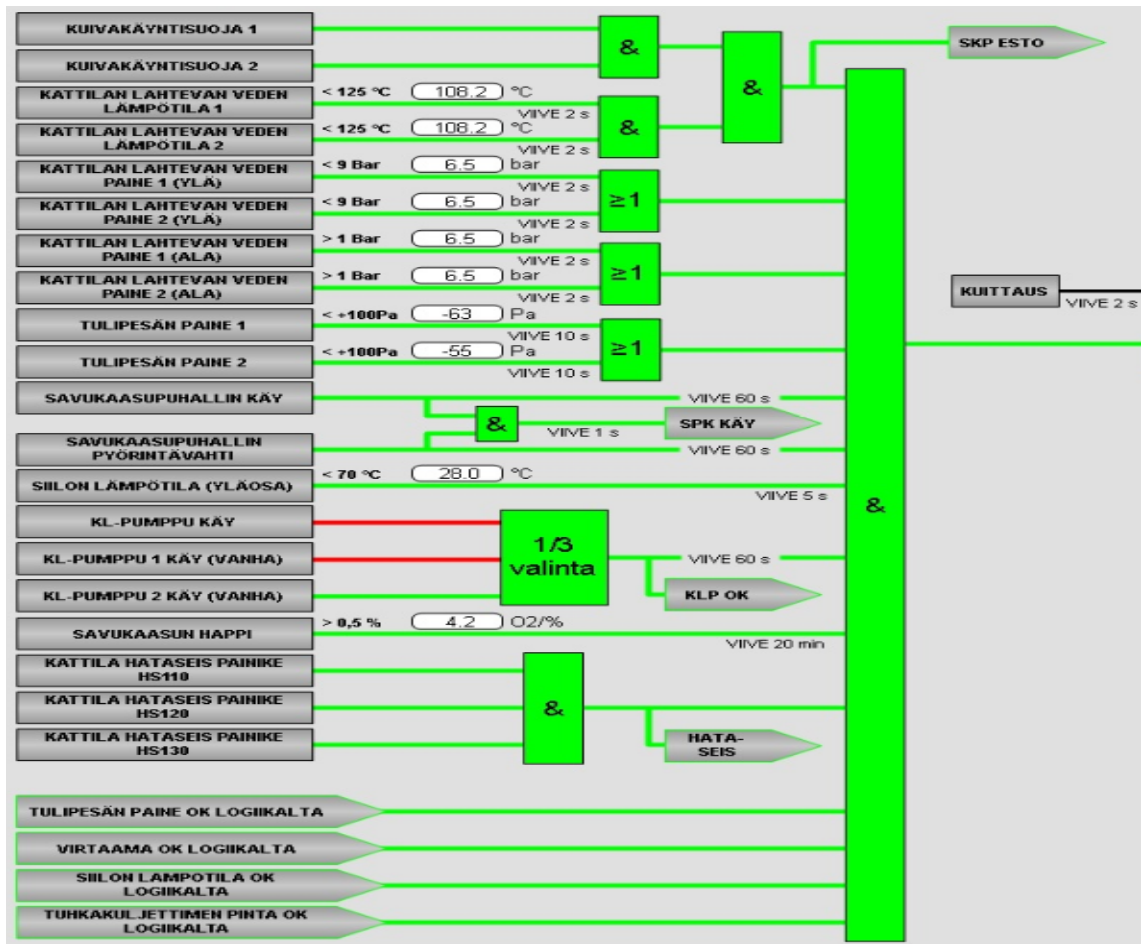


Kuva 13. Hallin ja Jämsän laitosten etäkäyttöjärjestelmä [5]

Rinnankäyttöohjelmalla voidaan ajaa rinnakkain molempia Hallin KPA-laitoksia ja pienemmät öljykattilat ovat varalla. Rinnankäyttöohjelmassa on erikseen kattilakohtaiset lämpötilansäätimet, joiden avulla voidaan rajoittaa asetusten mukaan kattilan virtaamaa, jos veden lämpötila tippuu alle asetetun lämpötilarajan. Tällä tavalla saadaan estettyä kylmän veden syöttäminen kaukolämpöverkkoon. Rinnankäytön käyttöliittymästä pyrittiin tekemään yksinkertainen ja käyttöliittymään käyttäjän aseteltaviksi parametreiksi valittiin parametreja, joilla käyttäjä pystyy ajamaan ja hallitsemaan rinnanajoa automaatti-

sesti tai käsin. Käyttäjä voi valita käyttöliittymästä rinnanajon päälle tai pois, asettaa kattilaventtiilien minimi- ja maksimiasennot, asettaa kattiloiden lähtevän veden lämpötilat, molempien kattiloiden minimi- ja maksimi tehorajat, kattiloiden keskinäisen tehosuhteen sekä kattiloista lähtevän veden lämpötilat. Rinnanajon peruseriaatteena on, että kattiloiden välinen tehon jako tehdään ohjaamalla kattiloiden virtauksensäätöventtiileitä määritettyjen tehonjakotoimintojen ja rajoitussäätöjen toteuttamiseksi.[5]

Kuvassa 14 on esitetty osa Hallin laitoksissa käytettävästä TLJ-lukituspiiristä. Kuvasta 14 näkee, minkälaisia eri asioita TLJ-piiri valvoo Hallin lämpölaitoksessa. Piiri tarkkailee muun muassa kattilan lähtevän veden lämpötilaa ja painetta, tulipesän painetta, kattilan kuivakäyntisuoja sekä savukaasupuhaltimen käymistä. Jos joku näistä tarkkailtavista arvoista menee TLJ-asetuspiirissä määritettyjen arvojen ulkopuolelle, rupeaa TLJ-piiri ajamaan prosessia turvalliseen tilaan valmistajan antamien ohjeiden mukaisesti tai jos tilanne on mennyt jo lukitukseen asti, niin ajamaan prosessia alas. TLJ-lukituspiirissä pitää olla kaikki hälytykset kuitattuna, jotta prosessia voidaan ruveta ajamaan takaisin ylös ja normaalikäyttöön. [5]



Kuva 14. Esimerkki TLJ-lukituspiiristä [5]

Kauhavalla on 10 MW:n KPA-laitos, jonka kattilassa on käytetty kekoarinarakennetta. Laitoksessa on käytössä myös lämmön talteenotto. 10 MW:n laitoksen kanssa samassa verkossa on myös vanha laitos, mutta tarkasteluun otettiin vain 10 MW:n laitos + LTO. Laitoksessa poltettavana polttoaineena käytetään kuorta, purua, kieppua sekä haketta. Laitoksessa etäkäyttö on toteutettu TeamViewer ohjelmistolla, jonka avulla voidaan säätää kaikkia samoja arvoja etänä, joita voidaan valvomostakin säätää. Laitoksessa on myös automaattisesti käynnistyvä täyden tehon varavoima ilman tahdistusta. Lisäksi tietojärjestelmä on UPS-kytkettynä 1 kw:n tehoiseen virransyöttöön. Kuvassa 15 on esitetty malli pyörivästä kekoarinasta. [6]



Kuva 15. Pyörivä kekoarina, joka on myös käytössä Kauhavan KPA-laitoksessa [4]

4.3 Haastattelututkimukset ja tiedon keruu

Haastattelututkimukset on suoritettu lähettämällä sähköpostilla laitosta ajavalle yritykselle tai omistajalle liitteessä D esitetty haastattelututkimuslomake tai käyty paikan päällä tutustumassa laitokseen ja haastattelemassa käyttöpäällikköä ja käyttöhenkilökuntaa. Tutkimuslomakkeessa kysyttiin muun muassa laitoksen tyyppiä ja tehoa, mitä polttoainetta laitoksessa käytetään, miten etäkäyttö on toteutettu laitoksella ja minkälaiset ovat laitoksen rinnankäyttömahdollisuudet. Laitoksista haluttiin myös saada tietää, minkälaisia virhe- ja vikatilanteita on tapahtunut viimeisen muutaman vuoden sisällä ja miten niitä on pyritty estämään.

Vertailemalla saatuja virhe- ja vikatietoja valituista laitoksista, tutkitaan, onko laitosten virrehistoriassa yhtäläisyyksiä toisiinsa ja minkälaisia nämä yhtäläisyydet ovat. Jämsän ja Hallin laitoksissa on päästy käymään tutustumassa ja laitoksen käyttöpäällikkö esitteli

laitosta sekä näytti ja selosti valvomon päätteeltä erilaisia ajo- ja virhetilanteita ja kuinka niissä toimitaan.

Minulla on myös ollut mahdollisuus työskennellä useana eri kesänä muun muassa Jämsän ja Hallin laitoksissa sekä UPM Jokilaakson paperitehtailla voimalaitoksen puolella. Töissä olen päässyt osallistumaan laitoksen vuosihuoltoseisokkien aikana suoritettaviin tehtäviin ja olen muun muassa päässyt käymään tutustumassa eri kattiloiden sisäpuolella. Olen myös osallistunut laitoksen alas- sekä ylösajoon Hallin sekä UPM:n laitoksissa. UPM:llä minulla on ollut mahdollisuus keskustella laitoksen ajamisesta ja siinä käytettävästä ajo-ohjelmistosta laitoksen käynninturvaajien, käyttöinsinöörien sekä valvomonjohtajien kanssa. Keskustelemalla eri henkilöiden kanssa sain erilaisia näkökulmia ja mielipiteitä, kuinka hyvin laitteet ja ohjelmisto toimivat ja mitä olisi hyvä parantaa. Pääsin myös keskustelemaan ja olemaan apuna laitoksen automaatio-, asennus- ja huoltohenkilökunnan kanssa ja sain heiltä tietoa, kuinka tietyt asiat pyritään tekemään laitoksella.

Olen myös päässyt työskentelemään lähes vuoden verran insinööritoimistossa. Insinööritoimistossa olen päässyt näkemään ja tekemään erilaisia suunnittelutehtäviä eri lämpö- ja voimalaitoksiin ympäri Suomea. Olen myös ollut mukana mittaamassa ja mallintamassa eri kaukolämpöverkkoja. Pystyn hyödyntämään omakohtaisia työkokemuksia eri laitoksilta ja eri suunnittelutehtävistä.

Laitoksista ja näyttöpäätteiltä otetuista kuvista on pyydetty käyttö lupa työtä varten yritysten johtajilta. Lakitekstejä ja teorian tietoja etsittiin käyttämällä apuna yliopiston tarjoamia hakupalveluja ja kirjastoa sekä internetistä löytyvää tietoa. Jämsän ja Hallin laitoksista päästiin tutustumaan myös laitosten käyttöpäiväkirjaan, josta näki, minkälaisia tilanteita laitoksilla oli tapahtunut ja miten käyttöhenkilökunta oli näihin tilanteisiin reagoinut. Työssä saatiin myös tietoja muistakin laitoksista, kuin tutkittaviksi valituista neljästä laitoksesta. Muista laitoksista saatuja tietoja käytetään tarvittaessa apuna täydentämään vikaantuvuusmatriisia ja teorian tietoja.

5. TULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU

Tässä luvussa kerrotaan työssä saadut tulokset ja esitellään ne. Tulokset on saatu keräämällä tietoja teorialuvuista 2 ja 3 sekä käyttämällä hyödyksi luvussa 4 esitettyä ja kerättyä aineistoa, omakohtaisia työkokemuksia sekä yrityksiltä saatuja haastattelututkimuksia.

5.1 Etäkäyttöjärjestelmien kohdeanalyysi ja parannusehdotukset

Etäkäyttöjärjestelmän tarkoituksena on mahdollistaa laitoksen etäältä ajaminen ja laitoksen toiminta mahdollisimman turvallisesti. Jo laitoksen suunnitteluvaiheessa on äärimmäisen tärkeää kiinnittää huomiota laitoksen sijoituspaikkaan ja laitoksessa käytettäviin turvallisuusosiin. Lait ja standardin määrittävät kattiloille ja muille painelaitteille tarkat toiminta- ja tarkastustavat. Etäkäyttöjärjestelmä tulee suunnitella sillä tavalla, että sitä on helppo käyttää ja se on mahdollisimman selkeä. TLJ-piirin käyttö ei ole laitoksissa pakollista, mutta se olisi suotavaa. TLJ-piirin käyttö ja sen selkeys on tärkeää, sillä se huolehtii, että prosessi etenee turvallisesti asetettujen rajojen sisällä ja rupeaa toimenpiteisiin, jos nämä rajat jostain syystä ylittyvät. Etäkäyttöjärjestelmään olisi hyvä myös kehittää selkeä hakupuu ja hakemisto, josta pystyy helposti löytämään ja siirtymään halutulle sivulle. Järjestelmässä kannattaisi käyttää eri värejä ilmaisemaan tiettyjä eri asioita, esimerkiksi punainen on hyvä väri hälytykselle, keltainen voi ilmaista onko parametri muutettava tai onko laite käynnissä, valkoinen voisi ilmaista arvoja, joita ei pystytä muuttamaan.

Laitoksen tietokoneet ja järjestelmä pitää olla koko ajan päällä ja yhteys laitteisiin pysyä. Laitoksen UPS-laitteet tulisi tarkastaa, koekäyttää ja huoltaa säännöllisin väliajoin, jotta ne tuotavat tarvittavan virtamäärän, kun sähkökatkos yllättää. Laitoksessa käytettävä kuituyhteys olisi hyvä olla silmukoituna eli yhteys olisi kahdennettu. Kuituyhteyden lisäksi olisi hyvä olla vielä langaton verkkoyhteys siltä varalta, jos kuituyhteys katkeaa tai ei toimi. Järjestelmää on myös tietyn väliajoin mahdollista päivittää ja vanhaa rautaa olisi hyvä vaihtaa uudempaan. Järjestelmäpäivitystä tehdessä, back up-tiedosto järjestelmän edellisestä toimivasta versiosta on hyvä olla saatavilla, jos päivityksessä jokin menee pieleen. Laitoksen tietokoneita ja rautaa päivittäessä kannattaa suosia sellaisia merkkejä ja valmistajia, jotka ovat yleisesti ja helposti saatavilla kotimaassa sekä suosia mahdollisimman uutta teknologiaa.

Laitoksissa käytettävät yhteydet pitää olla hyvin suojattuja. Kuituyhteyttä käytettäessä tai laitoksen sisäiseen verkkoon on vaikeampaa hakkeroitua kuin langotonta yhteyttä käytettäessä. Langatonta yhteyttä käytettäessä tulisi varmistaa, että yhteys on hyvin suojattu palomuurilla ja VPN:n käyttö olisi myös suositeltavaa. Kriisiaikoihin on tehty omat toimintasuunnitelmat, joista käy ilmi etäkäyttöjärjestelmien ajoasetukset ja mitkä laitoksista voidaan pitää etäkäytössä. Kriisitilanteessa osa etäohjattavista laitoksista siirretään pois etäkäytöstä miesvalvontaan ja laitoksilla on miehitys koko ajan tarvittaessa.

Virhe- ja vikatilanteiden raportointiohjelmia on kehitetty ajan saatossa. Raportointiohjelma voisi tallentaa laitoksen ja sen toimilaitteiden ajotietoja erilliselle serverille, johon olisi helppo päästä käsiksi myös etänä. Raportointiaineistoa pyrittäisiin säilyttämään useammalta vuodelta ja arkistoimaan ne selkeästi, esimerkiksi vuoden tai kuukauden mukaan. Isomman virhetilanteen tai onnettomuuden sattuessa, raportointiohjelman arkistosta voitaisiin etsiä vastaavia tapauksia ja kuinka tapauksessa silloin oli menetelty. Tutkimalla edellisten vuosien ajotietoja, pystytään ehkäisemään ja valmistautumaan tietynlaiset virhetilanteet, joita on esiintynyt aikaisempina vuosina.

Kuvien ja käyrien skaalaaminen tulisi olla helppoa ohjelmassa. Esimerkiksi jos halutaan tarkastella tietyn tunnin aikana tapahtunutta tehon tai lämpötilan muutosta, niin käyrä automaattisesti tarkentaisi tuntitarkasteluun ja myöhemmin takaisin pidemmän ajan tarkasteluun. Tällä käyrien tarkastelulla pystyttäisiin selvittämään milloin tai minkä ajan sisällä tietty tapahtuma aiheutui laitoksessa ja näin ollen voidaan tarvittaessa muuttaa ja ehkäistä tulevia virhe- ja vikatilanteita laitoksissa ja sen laitteissa.

Käyttöhenkilökunnan tietoteknillinen kouluttaminen ja perehdyttäminen käytettäviin ohjelmiin olisi tärkeitä. Käytettävät ohjelmat kehittyvät ja muuttuvat jatkuvasti, jo muutamassa vuodessa ohjelmat voivat muuttua erilaisiksi käyttää. Käyttöhenkilökunnan hyvä tietoteknillinen taso on edellytys turvallisemmalle ja tehokkaammalle laitosten etäkäytölle. Käyttöhenkilökunnan olisi myös hyvä käydä läpi aika ajoin ohjelmistossa ja laitteistossa käytettävät parametrit. Parametreista olisi hyvä ymmärtää, missä niitä käytetään ja mistä jokin parametri on saatu ja mitä sillä ilmaistaan.

5.2 Rinnakkaiskäyttö

Rinnakkaiskäyttö tulee yleensä tarpeeseen kun, yhdellä kattilalla ei pystytä tuottamaan tarpeeksi tehoa lämmön tai sähkön tuottoon. Yleensä tällaiset tapaukset sattuvat talvella, jolloin on paljon pakkasta, jonka seurauksena lämmön ja sähkön kulutus nousee tavallista korkeammaksi. Rinnakkaiskäyttö on yleensä automatisoitu ja sen ohjaamiseen on kehitetty hyvät ja yksinkertaiset ohjauslogiikat.

Rinnankäyttöasetukset tulisi olla valmiiksi asennettuna ohjelmassa ja raja-arvon ylittyessä kattila lähtisi automaattisesti päälle ja lähtisi ajamaan ohjelmassa määritetyllä tavalla. Kattila voi lähteä ajamaan rajaa kiinni ja sen saavuttamisen jälkeen ajaisi itsensä automaattisesti alas. Raja-arvon ylittymisestä voi myös aiheutua hälytys, jolloin päivystäjä voi etäyhteyden kautta käynnistää kattilan ja laittaa sen ajamaan esimerkiksi tiettyä teho- tai lämpötila-arvoa.

Rinnankäyttö voi olla myös pitkäaikaisempaa, esimerkiksi talven kovilla pakkasilla ajetaan yleensä koko ajan kahta kattilaa rinnan. Pidempiaikaisessa rinnanajossa määritetään yleensä pääkattila, joka ajaa yleensä määritettyä vakiotehoa ja toinen kattila säättää aina tarvittavan tehon tai lämpötilan mukaan. Isommissa verkoissa voi olla useampia kattiloita rinnanajossa tai tarvittaessa useita huippu- ja varateholaitoksia.

Myös pumppuja voidaan ajaa rinnan. Rinnanajettavia pumppuja ovat esimerkiksi paineenpito- ja paineenkorotuspumput sekä kaukolämpöpumput. Normaalisti pumput käyvät yksitellen, mutta turvallisuuteen nähden tietyt pumput pitää olla kahdennettuja. Pumput voidaan normaalisti käynnistää ja vaihtaa kaukokäytöllä tai ne voidaan ohjelmoida siten, että toinen pumppu käynnistyy automaattisesti, jos käynnissä oleva pumppu sammuu tai siihen aiheutuu joku virhetilanne. Sairaaloiden ja palvelutalojen lämpötilat ovat erityistarkkailussa, jos kaukolämpöveden lämpötila tai paine laskee liikaa, niin lähimmät kaukolämpöpumput lähtevät automaattisesti päälle ja rupeavat korjaamaan tilannetta, ettei rakennuksissa lämpötila pääse laskemaan.

5.3 Vikaantuvuusmatriisi

Vikaantuvuusmatriisissa esitetään tarkasteltavissa laitoksissa esiintyviä tyypillisiä vikoja ja vikatilanteita, vikojen esiintymispaikka prosessissa sekä korjaus- tai parannusehdotus kyseiselle virheelle. Jämsän kevyen polttoöljyn laitosta ei otettu vikaantuvuusmatriisiin mukaan vaan, tyypillisimpiä vikatilanteita öljynpolttolaitoksessa ja sen korjausehdotuksia esitetään vikaantuvuusmatriisin jälkeen erillisessä taulukossa. taulukossa 9 on esiteltyä laitosten virhetiedoista koottu vikaantuvuusmatriisi. Liitteessä A on esitettyä hallin 4 MW:n laitoksen hälytyshistoria vuoden aikana. Liitteessä B on esitettyä hallin 7 MW:n laitoksen vuoden hälytyshistoria.

Taulukko 5. Vikaantuvuusmatriisi

Virhetilanne	Esiintymispaikka prosessissa	Korjaus- tai parannusehdotus
KPA-siilon pintalämpötila – yläraja	Polttoainesiilo	Lisätään siiloon suuttimet, jotka jäähdyttävät sisään menevää tavaraa
Ensiöilmapuhallin vika	Puhaltimet	Säädettävä alin kierrosluku korkeammaksi
Siilopuhallin vika	Puhaltimet	Säädettävä minimitaajuus taajuusmuuttajalla korkeammaksi
Paine arinan alla - alarajahälytys	Kattila	Mitta-anturiputken puhdistus ja putkimuutos
Polttoainesyöttö ei toistu, maksimiväliaika ylitetty	polttoainesiilo	Pidennetään polttoainesyötön aikaväliä
Tulipesän alipaineiden erotus liian suuri	Kattila	Ennakkohuollossa mitta-anturiputkien putsaus ja liitosten tarkastus määräajoin, esimerkiksi 2kk välein
Polttoainekuljetin häätäseis	polttoainesiilo	Ruuhkavahdin muodon muuttaminen
Paine arinan alla – yläraja hälytys	Kattila	Mitta-anturiputken puhdistus ja putkimuutos
Purkainhydrauliikka	Polttoainesiilo	Hydraulipaine säädetään oikeisiin rajoihin
Repijätela häiriö	Polttoainesiilo	Lähtömomentin tarkistaminen ja korjaaminen
Kattilan ali-/ylipaine-pressostaatti	Kattila	tarkistetaan hälytysraja-arvot

Tyypillisimmät viat ilmenivät yleensä polttoainesiilossa ja polttoaineen kuljetuksessa. Nämä viat johtuivat yleensä polttoaineen epätasalaatuisuudesta, ja siitä ettei se aina täyttänyt sovittuja parametreja. Tukokset kuljettimissa sekä häiriöt polttoaineen syötössä

johtuvat yleensä liiallisen polttoainemäärän pääsystä kerrallaan kuljettimelle tai polttoaineessa olevista liian suurista paakuista. Ylisuuret kokkareet polttoaineessa voivat johtua huonosta murskauksesta tai talvella polttoaineen osittaisesta jääytymisestä. Polttoainesilon reunalla olevilla repijäteloilla pyritään hajottamaan suurimmat kokkareet polttoaineessa ja säätämään polttoaineen määrää kuljettimille. Toinen suuri vikatilanteiden esiintymispaikka on kattilan tulipesässä. Tulipesässä syntyvät vikatilanteet johtuvat yleensä paineen tai lämpötilan muutoksista tulipesän eri puolilla. Tilanteen mukaan, kattilaan meneviä ilma-, vesi- ja polttoainevirtauksia säädetään paineen tai lämpötilan palauttamiseksi halutuille rajoille. Vikaantuvuusmatriisissa esitetyt korjausehdotukset pysyttään suurin osa toteuttamaan muuttamalla automaatiojärjestelmässä olevia arvoja. Osa korjausehdotuksista vaatii uusien laitteiden asennusta tai vanhojen putsaamista. Laitteiden putsaaminen, vaihtaminen tai uusien asentaminen on mahdollista silloin kuin laite ja laitos ei ole käytössä, tyypillisesti sopivia aikoja on laitosten vuosihuoltoseisokit.

Kevyen polttoöljyn laitoksissa tyypillisimpiä vikatilanteita on esitettynä taulukossa 10. Pietilän laitoksen vuoden ajalta tapahtuneet virheet ovat esitettynä liitteessä C.

Taulukko 6. *Kevyen polttoöljyn laitoksen hälytykset*

Virhe	Korjausehdotus
Palamisilmakojeen tuloilman lämpötilamittaus - alarajahälytys	Laitos on varalla ja ei ole tällä hetkellä päällä, kattilahuonetta ei lämmitetä. Nostetaan alalämpötilarajaa korkeammaksi
Kattilan paluuveden lämpötilamittaus - yläraja	Suurennetaan heilahteluväliä eli lämpötilamittauksen ylärajaa
Kattilan menoveden lämpötilamittaus - yläraja	Suurennetaan heilahteluväliä eli lämpötilamittauksen ylärajaa
Poltinhäiriö	Liekkivahti tummunut tai likaantunut. Säännöllinen putsaaminen. Vältetään katkokäyntiä.

Yleisin häiriö öljykattiloiden ollessa käynnissä on poltinhäiriö, joka johtuu liekkivahdin tummumisesta tai likaantumisesta. Liekkivahdin säännöllinen putsaaminen ja kattiloiden katkokäynnin välttäminen vähentää virhetilanteen tapahtumista. Öljylaitoksen korjausehdotuksista myös suurin osa onnistuu muuttamalla automaatiojärjestelmässä olevaa arvoa tai putsaamalla tai vaihtamalla liekkivahti tai koko poltin.

5.4 Yleinen analyysi

Automaatio ja automaatiojärjestelmät ovat kehittyneet viimeisen 30 vuoden aikana suu-
resti. Tämän kehityksen ansiosta laitoksissa on pystytty siirtymään enemmän laitoksen
etäkäyttöön ja monet asiat, jotka aikaisemmin jouduttiin tekemään manuaalisesti käsin,
pystytään nyt hoitamaan automaatiota käyttäen etänä. Toinen merkittävä syy etäkäytön
yleistymiseen ja kasvamiseen on tietoliikenneyhteyksien kehittyminen.

Vanhoista kupariverkoista on pystytty siirtymään nopeampiin ja luotettavampiin kuitu-
verkkoihin. Myös langattoman verkkoyhteyden puolella on kehitytty, vanhoista
gsm/2G/3G- verkoista on siirrytty nopeampaan 4G-verkkoon ja 5G-verkkokin on jo hyvin
kehitteillä ja otettu jo käyttöön eri puolilla maailmaa. Langaton verkkoyhteys on tällä het-
kellä lähes yhtä nopea kuin kuituyhteys, mutta langattoman yhteyden käytössä on enem-
män vaaroja kuin kuituyhteydessä. Nopeaa ja luotettavaa verkkoyhteyttä tarvitaan etä-
käytössä, sillä tiedon pitää kulkea molempiin suuntiin nopeasti, eli laitoksilta ajotilan-
teesta pitää saada reaaliajassa tietoa etäpääätteelle ja etäpääätteellä tehdyt muutokset
ajoarvoihin pitää siirtyä nopeasti takaisin laitokselle.

Sähköverkkojen kehitys on mahdollistanut taajuusmuuttajien käytön pumppujen ja pu-
haltimien ohjauksessa, tämä on mahdollistanut laitteiden helpomman etäohjauksen. Li-
säksi sähköverkon kehitys on vähentänyt sähkökatkosten määrä ja näin laitoksissa tar-
vittavien UPS-laitteiden sekä varavoimakoneiden käyttöä.

Lait ovat muuttuneet ja päivittyneet aika ajoin ja ovat vaikuttaneet laitoksissa käytettäviin
polttoaineisiin ja laitoksen päästöihin. Päivitetyssä PIPO-asetuksessa määritettiin pääs-
tönormit alle 50 MW:n laitoksille. Tämä tarkoitti sitä, että raskaan polttoöljyn käyttö 5–50
MW:n laitoksissa vuoden 2018 alusta lähtien loppuisi, sillä polttoaineen rikkipitoisuus
ylittää asetuksessa tiukentuneet päästönormit. Tilalle laitoksissa otettaisiin vähäpäästöi-
sempiä polttoainevaihtoehtoja, kuten kevyttä polttoöljyä. Ympäristönsuojelulaissa esite-
tyt tiukennetut päästörajoitteet ja halu vähentää fossiilisten polttoaineiden käyttöä on
saanut laitoksia vähentämään öljyn, kivihiilen maakaasun sekä turpeen käyttöä polttoai-
neina.

Etäkäyttöön siirtyminen laitoksissa on vapauttanut henkilöresursseja ja lisännyt henki-
lösästöjä, kun on voitu siirtyä mahdollisesta kolmivuoromiehityksestä perinteisempään
päivävuorotyöhön. Henkilökunta pystyy nyt keskittymään muihin työtehtäviin tai kunnos-
tushommiin, kun laitosta pystytään ajamaan automaattisesti etänä ja se ei vaadi välttä-
mättä jatkuvaa tarkkailua. Etäyhteyteen siirtyminen nostaa yleensä laitoksen suoritusky-
kyä ja näin myös hyötysuhdetta. Kun laitoksen ajamiseen on löydetty optimaaliset para-

metrit, niin laitoksen toimintavarmuus kasvaa ja mahdollisten vikatilanteiden vähentyessä myös laitoksen ikä pitenee. Laitoksen optimisäättöjen haku voi kestää useamman laitoksen ajokauden, mutta samalla laitoksesta voidaan löytää ajon aikana pieniä virheitä ja vikasuunnitteluja, jotka saadaan mahdollisesti korjattua.

6. JOHTOPÄÄTÖKSET

Työssä tutkittiin lämpö- ja voimalaitoksissa käytettäviä etäkäyttöjärjestelmiä ja laitoksissa esiintyviä virheitä. Aluksi luvussa kaksi tarkasteltiin Lämpö- ja voimalaitosten toimintaa yleisellä tasolla. Yleisellä tasolla tarkasteltiin erilaisia kattilatyyppejä, kattilassa olevia lämpöpintoja sekä vielä erilaisia polttotekniikoita. Seuraavaksi luvussa kolme käytiin läpi mistä komponenteista etäkäyttöjärjestelmä koostuu, minkälainen yhteys ja yhteyslaitteet ovat oleellisia etäkäytölle sekä minkälaisia toimilaitteita laitoksissa on ja voiko niitä ohjata etänä. Lisäksi käsiteltiin rinnankäyttöä laitoksissa ja mitä toimenpiteitä se aiheuttaa etäkäytölle. Myös laitosten vikatilanteita ja lainsäädännöllisiä rajoitteita tarkasteltiin luvussa kolme. Luvussa neljä esitettiin työn etenemissuunnitelma sekä esitettiin ja käytiin läpi tarkasteluun valitut laitokset. Lisäksi luvussa neljä esitettiin, kuinka tarvittava tieto työtä varten hankittiin sekä kuinka suunnitellut haastattelututkimukset toteutettiin. Luvussa viisi esitettiin työn tutkimuksilla saadut tulokset.

Etäkäyttöjärjestelmiä koskevassa yleisessä analyysissä kävi ilmi, että etäkäyttöjärjestelmä tarvitsee kunnollisen verkkoyhteyden, jotta muutokset ja prosessi tiedot päivittyvät reaaliajassa. yhteyden pitää olla myös hyvin suojattu, jottei siihen pääse hakkeroitumaan kuka tahansa. Koska prosessia valvovat tietokoneet ja serverit pitää olla koko ajan päällä, sähkökatkoista huolimatta, niin laitoksissa on hyvä käyttää UPS- laitteistoa, joka takaa virransaannin laitteille katkosten aikana.

Järjestelmästä pyrittäisiin jo kehitysvaiheessa suunnittelemaan mahdollisimman yksinkertainen ja selkeä. Järjestelmässä käytettäisiin näkyviä värejä ilmaisemaan tärkeitä eri asioita. Järjestelmiä pitää myös aika ajoin päivittää, joten olisi suositeltavaa, että ennen päivitystä laitoksen järjestelmätiedoista tehdään back up- tiedosto siltä varalta, jos päivitys menee pieleen. Laitoksella olisi hyvä olla virhe- ja vikatilanteiden raportointiohjelma, joka automaattisesti kerää tiedot järjestelmästä ja tallentaa ne erilliselle serverille. Raportointijärjestelmästä olisi hyvä päästä helposti käsiksi vanhempiin tietoihin ja pystyä etsimään tietynlaisia hälytyksiä tai tapauksia. Hyvän raportointiohjelman ja sen selkeän käytön avulla pystyttäisiin ennalta ehkäisemään samankaltaisia tapaturmia.

Myös laitosta operoivan henkilökunnan tietoteknillistä tasoa on aina silloin tällöin hyvä päivittää. Erilaiset koulutukset ja perehdytykset laitoksessa käytettäviin ohjelmiin on suositavia, etenkin palkattaessa uusia työntekijöitä kuin myös vanhan käyttöhenkilö kunnan muistin virkistämiseksi.

Rinnankäytöstä huomattiin, että se tulee tarpeeseen etenkin kylmillä talvipakkasilla, kun ihmiset lämmittävät kotejaan ja näin kuluttavat enemmän lämpöä ja sähköä. Rinnan käyttö voi myös olla pitkäaikaisempaa ja isommissa verkoissa voi olla rinnanajossa samaan aikaan useampia kattiloita tai huippu- tai varateholaitoksia. Pidempiaikaisessa rinnan ajossa määritetään yleensä pääkattila, joka laitetaan ajamaan tiettyä tehoa ja toisilla kattiloilla ajetaan tarvittavan tehon tai lämpötilan mukaan.

Vikaantuvuusmatriisiin koottiin tarkasteltavien laitosten tyypillisimmät ja usein esiintyvät virhe- ja vikatilanteet. Matriisista nähdään, että yleisimmät viat ilmenevät yleensä kattilan puolella tai polttoainesiloissa ja polttoaineen kuljetuksessa. Kattilassa tyypillisesti vian aiheuttaa paineen tai lämpötilan nousu tai lasku. Polttoainesiloissa ja polttoaineen kuljetuksesta aiheutuvat hälytykset johtuvat yleensä polttoaineen epätasalaatuisuudesta tai osittain talvella jäätymisestä. Jäätymisestä aiheutuvia häiriöitä on pyritty minimoimaan rakentamalla siilo muutamaa metriä maan pinnan alle, jolloin jäätyminen on hankalampaa. Erilaiset tukokset kuljettimissa ja siiloissa on pyritty minimoimaan käyttämällä repijäteloja siilon reunalla murskaamaan polttoainetta pienempiin osiin ja estämään liian suurien polttoainemäärien siirtymisen kerralla kuljettimille. Vikaantuvuusmatriisissa on myös esitetty omia ratkaisuehdotuksia esiintyviin vikatilanteisiin.

Yleisessä analyysissä huomattiin, että kehitys on edennyt 30 vuodessa hurjasti ja asiat jotka 30 vuotta sitten jouduttiin tekemään manuaalisesti, voidaan nyt hoitaa automaation avulla etänä. Lisäksi verkkoyhteyksien kehittyminen ja siirtyminen vanhasta kupariverkosta uuteen nopeampaan kuituyhteyteen on mahdollistanut laitosten ottamisen etäkäyttöön ja näin vapauttanut henkilöresursseja.

Huomattiin myös, että lait ovat uudistuneet ja lailla määriteltävät rajoitteet ovat tiukentuneet. Päästörajoitukset laitoksissa ovat kiristyneet sekä pyrkimys vähentää fossiilisia polttoaineita, on aiheuttanut sen, että öljyn, maakaasun, kivihiilen ja turpeen määrää polttoaineina on pyritty vähentämään. Päästörajoituksista ja eri säädöksistä johtuen raskasta polttoöljyä käytetään enää vain yli 50 MW:n laitoksissa, missä sen poltosta aiheutuvien päästöjen puhdistaminen on vielä kannattavampaa.

Työn tekeminen eteni suunnitelmien mukaan ja aikataulussa. Vaikeinta työssä oli löytää sopivia lähteitä teorialukuihin, mutta siinäkin onnistuttiin varsin hyvin. Vikaantuvuusmatriisin koonti sujui hyvin valittujen laitosten samankaltaisten polttotekniikoiden ja polttoaineiden takia.

LÄHTEET

- [1] M. Huhtinen, A. Kettunen, P. Nurminen, H. Pakkanen, Höyrykattilatekniikka . 5. uudistettu painos, Helsinki: Edita, 2000.
- [2] Huhtinen, Markku. et al. Voimalaitostekniikka . Helsinki: Opetushallitus, 2013.
- [3] E. Alakangas, M. Hurskainen, J. Laatikainen-Luntama & J. Korhonen Suomessa käytettävien polttoaineiden ominaisuuksia, VTT Technology.2016 [WWW] Saatavissa <https://www.vttresearch.com/sites/default/files/pdf/technology/2016/T258.pdf>
- [4] L. Koskelainen, A. Nuorkivi, R. Saarela, K Sipilä, Kaukolämmön käsikirja, Energiateollisuus, Kaukolämpötoimiala ja Energiateollisuus, 2006
- [5] Jämsän Aluelämpö Oy, Haastattelututkimus: Jämsä ja Halli, 2020
- [6] Kauhavan Kaukolämpö Oy, Haastattelututkimus, 2020
- [7] Kleinhans Ulrich, Wieland Christoph, Frandsen Flemming J., Spliethoff Hartmut, Ash formation and deposition in coal and biomass fired combustion systems: Progress and challenges in the field of ash particle sticking and rebound behavior, 2018
- [8] J. Peltoranta, J. Myllymäki, Etäkäyttöjärjestelmä: käyttökeskus odottaa uusia asiakkaita, Polte-lehti,2016
- [9] T. Ikäheimonen, M. Kauppinen, Lämpölaitokset etäkäyttöön: etäkäyttö etenee, Polte-lehti, 2018
- [10] Kolmeks Oy, [WWW] Saatavissa <https://www.kolmeks.fi/tuotteet>
- [11] Voimalaitosautomaatio. 2. painos. Helsinki 2007, Suomen automaatioseura ry.
- [12] Finlex, Painelaitelaki, [WWW] saatavissa <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2016/20161144>
- [13] Finlex, Valtioneuvoston asetus painelaiteturvallisuudesta, [WWW] saatavissa <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2016/20161549#L4>
- [14] T. Järvinen, J. Malinen, M. Tiitta, P. Teppola, State of art – selvitys puun kosteusmittauksesta, VTT technology 2007, [WWW] Saatavissa http://www.metsateho.fi/wp-content/uploads/2008/01/State_of_art_selvitys_puun_kosteusmittauksesta_2007_VTT.pdf
- [15] OAMK, Automaatiotekniikka – kurssimoniste, Saatavissa: <http://www.oamk.fi/~kurki/automaatiolabrat/Servomoottori/Automaatiotekniikka-Koneos/Automaatiotekniikka-KOT7SN6-s09-v2.doc>
- [16] VPN-yhteys suojaa yksityisyyttäsi internetissä, [WWW] saatavissa: <https://www.vpnyhteys.fi/>

- [17] Laatukattila Oy, automaattinen bioenergiakattila Y 500-10 00 kW, saatavissa:
<http://www.laatukattila.fi/extranet/ext/cms3/attachments/laka-y-esite-fin.pdf>
- [18] Turvatekniikan keskus, Turva-automaatio prosessiteollisuudessa, Helsinki, 2008

LIITE A: HALLIN 4 MW LÄMPÖLAITOKSEN HÄLYTYKSET 1 VUOSI

	Hakuehdot	Akaväli	Hae	Sulje	Helyysseuranta
	Hakuksena	1. 7.2019 - 14. 7.2020 <input type="checkbox"/> Haetaan jatkohalykyksiä Postit: Halli	Vuosikausi <input checked="" type="checkbox"/> Kuukausi <input type="checkbox"/> Vero	Tyhjennä	
>	Halliyhteiset				Hallysmäärät
	Halli 2 - KPA silton alempi vasen pintalampötilia ylarajavaroitus.				38
	Halli 2 Karttiahydrauliikka vika .				26
	Halli 2 Häiriölukitus.				25
	Halli 2 - Ensioimpuhallin vika.				20
	Halli 2 - KPA silton alempi vasen pintalampötilia ylarajahalytyy.				20
	Halli 2 Sillopuhallin yla vika .				18
	Halli 2 - Paine arinan alla ylarajavaroitus.				13
	Halli 2 - Paine arinnan alla alarajahalytyy.				12
	Halli 2 - Paine arinnan alla alarajavaroitus.				12
	Halli 2 Polttoainesytto ei tolstu, maksimiivaloka ylityetty .				12
	Halli 2 Tulipesan alapainneiden erotus liian suuri .				11
	Halli 2 Polttoainekuijetin hataiseishaltyy alapaa .				11
	Halli 2 - Paine arinnan alla ylarajahalytyy.				9
	Halli 2 - Sillopuhallin, ala (olk.) ristiritita.				9
	Halli 2 - KPA - lahteva lampötilla 2 alarajavaroitus.				9
	Halli 2 - KPA - lahteva lampötilla 1 alarajavaroitus.				8
	Halli 2 - KPA tulipesan paine2 ylarahalytyy.				8
	Halli 2 - KPA tulipesan paine2 ylarajavaroitus.				8
	Halli 2 Sillopuhallin ala oikea vika .				8
	Halli 2 Sillopuhallin ala vasen vika .				8
	Halli 2 Sillon alempi vasen lampötilla hairiolukitus.				7
	Halli 2 Tulipesan alpaine liian pieni hairiolukitus.				7
	Halli 2 Tulipesan alpaine liian suuri hairiolukitus.				7
	Halli 2 Karttan ylimpo 3 .				7
	Halli 2 - KPA tulipesan paine 1 ylarajavaroitus.				7
	Halli 2 - KPA tulipesan paine 1 ylarajahalytyy.				6
	Halli 2 - Lahtevän ilman lampötilla alarajavaroitus.				6
	Halli 2 Kuijetinalitteet hataseisrele lauennut .				6
	Halli 2 Polttoaineen pakkosytto .				5
	Halli 2 Katkaisija ohljaua 24vdc poweri haiirtio .				5
	Halli 2 Tunha-altaan pinta alarajalukitus .				5
	Halli 2 Varastokoneikko 2 vika .				5
	Halli 2 Tankopurkalinyhma 1 liian monta kaanttia .				5
	Halli 2 - KPA tulipesan paine 1 alarajavaroitus.				5
	Halli 2 - KPA - lahteva lampötilla 2 ylarajavaroitus.				5
	Halli 2 - KPA sekoituspumppu ristiritita.				4
	Halli 2 Polttoainesytto liian pitka 1., tehonrajotius .				4
	Halli 2 Varastokoneikko 3 vika .				4

LIITE B: HALLIN 7 MW LÄMPÖLAITOKSEN HÄLYTYKSET 1 VUOSI

Hälytysseuranta			
Hälytykset	Alkuväli	6.10.2019	6.10.2020
Hälytys			
<input type="checkbox"/> Hae vain jatkohälytyksiä	<input type="checkbox"/> Vuorokausi	<input type="checkbox"/> Kuka	
Posio:	<input type="checkbox"/> Viikko	<input checked="" type="checkbox"/> Vuosi	
Hallit			
Hallit	Hallit	Hallit	Hallit
Hallit1 - Yleinen hälytys hälytys.			99
Hallit1 - Oljenerotuskaivo 2 hälytys.			88
Hallit1 - K1 kattilan painelukitus hälytys.			18
Hallit1 - Hälytys Hallissa hälytys.			16
Hallit1 - VVK hälytys.			8
Hallit1 - Paloilmoitus vika hälytys.			8
Hallit1 - K1 arina toiminta hälytys.			7
Hallit1 - Katilla K3/K4 lattialaivo oljyvoto hälytys.			6
Hallit1 - K1 tulipesan lampotila alaraja hälytys.			5
Hallit1 - K1 ylipitka syotto hälytys.			4
Hallit1 - K2 esilämmitin ylläpito hälytys.			4
Hallit1 - Katilla K1 kuivakehuntasuoja 1 hälytys.			4
Hallit1 - Katilla K1 kuivakehuntasuoja 2 hälytys.			4
Hallit1 - Patricia kattilahuoneen lampot alaraja hälytys.			4
Hallit1 - Patricia kattilan menolampotila alaraja hälytys.			4
Hallit1 - Patricia palokonttori laennut hälytys.			4
Hallit1 - Patricia verkon paine-ero alaraja hälytys.			4
Hallit1 - Patricia verkon palupaine alaraja hälytys.			4
Hallit1 - Purkainhydrauliikka 1 hälytys.			4
Hallit1 - Purkainhydrauliikka 2 hälytys.			4
Hallit1 - Purkainhydrauliikka 3 hälytys.			4
Hallit1 - Purkainhydrauliikka 4 hälytys.			4
Hallit1 - Repliatela 1 harrio.			4
Hallit1 - Repliatela 2 harrio.			4
Hallit1 - Repliatela 4 harrio.			4
Hallit1 - Perusvesipumppaamo hälytys hälytys.			3
Hallit1 - Katilla K1 alapainepressostaatti hälytys.			3
Hallit1 - K1 virtaus mittaus alaraja hälytys.			3
Hallit1 - Katilla K1 yläpainepressostaatti hälytys.			3
Hallit1 - K1 syotto ei toistu hälytys.			3
Hallit1 - K1 syttösupplon lampotila ylaraja hälytys.			2
Hallit1 - K1 tuhka-altaan pinta alaraja hälytys.			2
Hallit1 - K1 kattilassa ei polttoainetta hälytys.			2
Hallit1 - K1 happi alaraja hälytys.			2
Hallit1 - K1 menoveden lampotila ylaraja hälytys.			2
Hallit1 - K1 multisykloni alaraja hälytys.			2
Hallit1 - K1 tulipesan alipaine mittaus ylaraja hälytys.			2
Hallit1 - Polttoainekuluttimen alempi valleri hata-sels hälytys.			2

LIITE C: PIETILÄN KEVYEN POLTTOÖLJYN
LÄMPÖLAITOKSEN HÄLYTYKSET 1 VUOSI

Hakuohdot

Hakusana

Aikaav

6.10.2019

-

6.10.2020

☐ Haetaan jälkijärjystä

☐ Vuorokausi

☐ Kuukausi

☐ Viiikko

☒ Vuosi

Postio:

Pietilä

Hae

Tyjenä

Sulje

	Hälytyskoti	Hälytysaika
▶ Pietilä - Palamisilma-kojeen tuloliman lämpötilamittaus alarajavaroit.		181
Pietilä - Palamisilma-kojeen tuloliman lämpötilamittaus alarajahälytys.		80
Pietilä - Kaukolämpöverkoston paluupaineen mittaus alarajahälytys.		6
Pietilä - Kaukolämpöverkoston paluupaineen mittaus alarajavaroit.		4
Pietilä - Kaukolämmön paine-ero PT002 PT004 alarajavaroit.		4
Pietilä - Kaukolämmön paine-ero PT002 PT004 alarajahälytys.		2
Pietilä - Kaukolämmön menopaineen mittaus alarajahälytys.		2
Pietilä - Kaukolämmön menopaineen mittaus alarajavaroit.		1
Pietilä - Kaukolämmön menoveden lämpötilan mittaus alarajavaroit.		1
Pietilä - Katilla 1 paluueden lämpötilan mittaus ylärajavaroit.		1
Pietilä - Katilla 2 paluueden lämpötilan mittaus ylärajahälytys.		1
Pietilä - Katilla 2 paluueden lämpötilan mittaus ylärajavaroit.		1
Pietilä - Katilla 2, menoveden lämpötilan mittaus ylärajahälytys.		1
Pietilä - Katilla 2, menoveden lämpötilan mittaus ylärajavaroit.		1
Pietilä - Katilla 2, paluueden lämpötilan mittaus ylärajahälytys.		1
Pietilä - Katilla 2, paluueden lämpötilan mittaus ylärajavaroit.		1

LIITE D: HAASTATTELUTUTKIMUSRUNKO

Pääkuva prosessista ja verkostosta

- Hälytykset ja virhetilanteet
 - onko hälytyksiä eritelty
- mitä säätämällä voidaan ehkäistä ja vähentää hälytyksiä
- hälytyksen jälleenanto ja varmennus (onko robottipuhelin tai vastaava)
- virhetietodataa 1–2 vuoden ajalta

Kattila ja polttoaine:

- Minkälainen kattila (arina, kiertoileiju, kerrosleiju jne.)
- käytettävä polttoaine (öljy, bio, jätteet, jne.)
- mitä kaikkia arvoja voidaan säätää etänä

onko tietojärjestelmässä UPS- kytketty. Jos on kytketty, kuinka suuritehoiseen?

Etäkäyttöjärjestelmän rakenne

- yleiskuva etäkäyttöjärjestelmästä
- kannettavat ja tabletit, joita käytetään etäajossa. (VPN, palomuuuri, virustentorjunta)

Minkälaisia rinnankäyttömahdollisuuksia laitoksella/laitoksilla on?

- mahdollisia esimerkitapauksia